

ANA MARISE AUER

AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE OCUPAÇÃO ANTRÓPICA DA BACIA DO
RIO BARIGUI E SUAS IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal, área Conservação da
Natureza, Setor de Ciências Agrárias da Uni-
versidade Federal do Paraná, como requisito
parcial à obtenção do título de Doutor em Ciên-
cias Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan

CURITIBA 2010

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Auer, Ana Marise

Avaliação dos processos de ocupação antrópica da bacia do Rio Barigui e suas implicações ecológicas / Ana Marise Auer. – 2010
155 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão

Coorientadores: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 29/03/2010.

Área de concentração: Conservação da Natureza

1. Bacias hidrográficas. 2. Barigui, Rio Bacia. 3. Avaliação ecológica (Biologia). 4. Recursos naturais - Conservação. 5. Teses. I. Galvão, Franklin. II. Roderjan, Carlos Vellozo. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 551.48

CDU – 556.551

PARECER

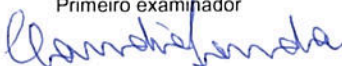
Defesa nº. 823

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Ana Marise Auer* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**AValiação dos Processos de Ocupação Antrópica da Bacia do Rio Barigui e suas Implicações Ecológicas**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.

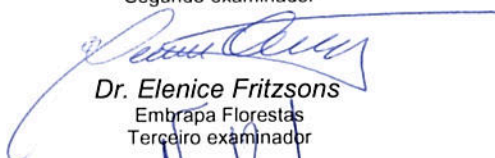


Dr. Gracie Abad Maximiano

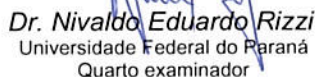
SEMA - PR
Primeiro examinador



Dr. Claudia Sonda
Instituto Ambiental do Paraná - IAP
Segundo examinador



Dr. Elenice Fritzsons
Embrapa Florestas
Terceiro examinador



Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador



Dr. Franklin Galvão
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 29 de março de 2010.



Setsuo Iwakiri

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
João Carlos Garzel Leodoro da Silva
Vice-coordenador do curso

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, particularmente ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa no período de 2001 a 2004.

Ao orientador Prof. Dr. Franklin Galvão, pelo crédito à minha pessoa, pela dedicação enquanto orientador, pela paciência com as limitações alheias, pela amizade, pela humanidade e profissionalismo, e especialmente por me transmitir valiosos ensinamentos, alicerces de minha profissão, desde os tempos de graduanda.

Ao co-orientador Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan, pela ideia da área objeto da tese, pelas valiosas orientações, e pelos ensinamentos ao longo de toda a minha vida acadêmica.

Aos professores do Curso que, pelas informações fornecidas nas aulas, em conversas nos corredores ou em suas salas de trabalho, que também formaram o meu conhecimento profissional.

Aos Órgãos Públicos SUDERHSA, COMEC, IAP, SEEMA, por terem cedido suas informações cartográficas, subsídios básicos ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Arquiteto M.Sc. Milton Luiz Brero de Campos pelo empenho no repasse das informações cartográficas da COMEC.

Ao '*Ingeniero Agronomo*' Dr. Daniel Dupré pela implementação do banco de dados espaciais e modelagem do SIG utilizados nesta tese.

Ao Engenheiro Agrimensor Prof. Dr. Mosar Faria Botelho, pelo apoio incondicional com a parte cartográfica da área de estudo, base do presente estudo.

Ao Engenheiro Agrônomo M.Sc. Marcos Rachwal, pelas correções na elaboração do mapa de solos produzido.

Aos meus 'fiéis escudeiros' estagiários Jonathan Kreia e Felipe Bonafina, pelo exaustivo trabalho braçal de vetorização e correção dos *layers* produzidos.

Aos meus familiares, Daniel, marido, companheiro, amigo, amado, amante, sempre ao meu lado, dando o apoio incondicional para que este trabalho se tornasse possível; Cacilda, mãe, em sua dualidade flor e rocha, por sempre me encorajar nas escolhas tomadas na vida; Gustavo, pai, por ser para mim o exemplo de conduta de vida; Gisélia, irmã, pela amizade e apoio incondicional; Sofia e Victoria, filhas amadas e razão da minha existência, e por isso me fazer continuar...

BIOGRAFIA DA AUTORA

Ana Marise Auer nasceu na cidade de Curitiba em 07 de fevereiro de 1962, e aos sete anos de idade inicia seus estudos no Grupo Escolar Leôncio Correia. Em 1980 inicia sua formação profissional cursando Ciências Biológicas na Universidade Federal do Paraná, concluindo esse curso em 1983. Na mesma Universidade ingressa no Curso de Engenharia Florestal em 1986, e em 1991 inicia o Mestrado no Programa de Pós-Graduação daquele Curso, concluindo-o em 1995; em 2006 ingressa no curso de Doutorado.

A atuação profissional como consultora, assessora ou responsável técnica de várias instituições governamentais e não governamentais e da iniciativa privada está focada no campo que a autora denomina de Planejamento Espacial por utilizar ferramentas do geoprocessamento para realizar análises e dar diretrizes de uso e conservação dos recursos naturais existentes nos espaços objeto de trabalho.

Desde sua graduação no Curso de Ciências Biológicas atuou, ainda, como professora em todas as séries do ensino fundamental e médio, em escolas das redes pública e privada de Curitiba e após a obtenção da titulação de Mestre foi professora, até o ano de 2000, do curso de Engenharia Florestal e Medicina Veterinária da Universidade do Contestado. Lá também orientou alunos em estágios curriculares e trabalhos de conclusão de curso e de iniciação científica. É membro fundador do Instituto Ecos, desde 1999, organização não governamental sem fins lucrativos que elabora e executa projetos e desenvolve sistemas voltados à gestão do espaço físico; atua, ainda, como perita judicial da Vara Ambiental da Justiça Federal de Curitiba, em processos que demandam a elaboração de laudo em relação ao estado de conservação da vegetação objeto na questão.

“É particularmente irônico saber que a batalha para salvar os ecossistemas ainda saudáveis do mundo será ganha ou perdida não nas florestas tropicais ou nos recifes de coral ameaçados, mas sim nas ruas das paisagens mais antinaturais do Planeta”.

Worldwatch Institute. State of the World (2007)

“Se as guerras deste século XX foram causadas pelo controle do petróleo, as guerras do próximo século XXI serão travadas pelo acesso à água”.

Ismail Serageldin, Vice Presidente do Banco Mundial (1995)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Recursos hídricos e extração de água mundial por ano (UNWDR, 2000).	46
Tabela 2	Unidades de Conservação da bacia do rio Barigui.....	59
Tabela 3	Faixas de declividade com recomendações e restrições ao uso.....	75
Tabela 4	Declividades da bacia do rio Barigui.	84
Tabela 5	Cálculo estimado da área de topos de morro e linhas cumeadas da bacia do rio Barigui.	86
Tabela 6	Unidades de mapeamento da geologia da bacia do rio Barigui segundo MINEROPAR (2002).	92
Tabela 7	Solos sobre aluviões atuais.	100
Tabela 8	Solos sobre terraços aluvionares.....	100
Tabela 9	Solos sobre o Complexo Gnáissico-Migmatítico.....	100
Tabela 10	Solos sobre o Complexo Granítico-Gnáissico.....	100
Tabela 11	Solos sobre Formação Capiru - Grupo Açungui.	101
Tabela 12	Solos sobre a Formação Capiru e Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granito-Gnáissico/quartzitos.	101
Tabela 13	Solos sobre a Formação Guabirota.	101
Tabela 14	Solos sobre rochas intrusivas básicas.	101
Tabela 15	Solos da bacia do Barigui.....	105
Tabela 16	Cobertura vegetal em 1952.	107
Tabela 17	Uso do solo em 1952.	109
Tabela 18	Uso do solo em 2000.	109
Tabela 19	Uso do solo em 2006	111
Tabela 20	Mudança na ocupação sobre as áreas com Formação Pioneira de Influência Flúvi-Lacustre em 1952.....	114
Tabela 21	Mudança na ocupação sobre as áreas com FOM em estágio avançado em 1952.....	115
Tabela 22	Mudança na ocupação sobre as áreas com vegetação secundária em fase capoeirinha em 1952.	115
Tabela 23	Mudança na ocupação em áreas com capoeira em 1952.....	116
Tabela 24	Mudança na ocupação em áreas com bracatinga em 1952.....	116

Tabela 25	Uso do solo nas áreas inundáveis em 1952.....	118
Tabela 26	Uso do solo nas áreas inundáveis em 2006.....	118
Tabela 27	Uso do solo nas áreas de topos de morro e linhas cumeadas em 1952.....	119
Tabela 28	Uso do solo nas áreas de topos de morro e linhas cumeadas em 2006.....	119
Tabela 29	Uso do solo nas APP das nascentes em 1952.....	119
Tabela 30	Uso do solo nas APP das nascentes em 2006.....	121
Tabela 31	Uso do solo nas Unidades de Conservação em 1952.....	121
Tabela 32	Uso do solo nas Unidades de Conservação em 2006.....	122
Tabela 33	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pela APA Municipal do Iguaçu. ...	122
Tabela 34	Uso do solo na APA Municipal do Iguaçu em 2006.....	123
Tabela 35	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Barigui.....	123
Tabela 36	Uso do solo no Parque Barigui em 2006.....	123
Tabela 37	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Diadema.....	123
Tabela 38	Uso do solo no Parque Diadema em 2006.....	123
Tabela 39	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Bosque da Fazendinha.....	123
Tabela 40	Uso do solo no Bosque da Fazendinha em 2006.....	123
Tabela 41	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Bosque São Cristóvão.....	123
Tabela 42	Uso do solo no Bosque São Cristóvão em 2006.....	124
Tabela 43	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Bosque do Trabalhador.....	124
Tabela 44	Uso do solo no Bosque do Trabalhador em 2006.....	124
Tabela 45	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Tanguá.....	124
Tabela 46	Uso do solo no Parque Tanguá em 2006.....	124
Tabela 47	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Tingui.....	124
Tabela 48	Uso do solo no Parque Tingui em 2006.....	124
Tabela 49	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque dos Tropeiros.....	124
Tabela 50	Uso do solo no Parque dos Tropeiros em 2006.....	125
Tabela 51	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque CIC Centro.....	125
Tabela 52	Uso do solo no Parque CIC Centro em 2006.....	125
Tabela 53	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Tatuquara.....	125
Tabela 54	Uso do solo no Parque Tatuquara em 2006.....	125

Tabela 55	Uso do solo nas áreas de uso restrito com declividades entre 30-45%, em 1952.....	126
Tabela 56	Uso do solo nas áreas de uso restrito com declividades entre 30-45%, em 2006.....	126
Tabela 57	Declividades nos compartimentos do aquífero Karst.....	127
Tabela 58	Uso do solo na região do <i>Karst</i> em 1952.....	128
Tabela 59	Uso do solo na região do <i>Karst</i> em 2006.....	128
Tabela 60	Uso do solo nos compartimentos do <i>Karst</i> em 1952.....	129
Tabela 63	Uso do solo nos compartimentos do <i>Karst</i> em 2006.....	129
Tabela 64	Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelas ocupações urbanas irregulares.....	130
Tabela 65	Uso do solo nas ocupações urbanas irregulares em 2006.....	130
Tabela 68	Vegetação original estimada da bacia do rio Barigui.....	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da bacia do rio Barigui no estado do Paraná, na Região Metropolitana de Curitiba.	28
Figura 2	Ciclo vicioso existente entre tipos de atividade antrópica em bacias hidrográficas, resultando na degradação dos solos, no aumento da erosão e na incidência de inundações. Para compensar a perda de área produtiva, novas áreas são abertas à ocupação (adaptado de DOHERTY <i>et al.</i> , 1992).	45
Figura 3	Evolução da população mundial (gráfico gerado a partir de dados de UNFPA, 2007, UN-HABITAT, 2003 e MADER, 2000).	49
Figura 4	Média requerida para produzir culturas em quatro países (1000 m ³ /tonelada) (HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2006).	50
Figura 5	Distribuição das demandas consuntivas segundo os diferentes usos, por região hidrográfica (ANA, 2009).	53
Figura 6	Relação demanda/disponibilidade dos principais trechos de rios das regiões hidrográficas do Paraná, Atlântico Sudeste, do Uruguai e Atlântico Sul (ANA, 2009).	53
Figura 7	Volumes de esgoto por região hidrográfica (ANA, 2009).	54
Figura 8	Localização das Unidades de Conservação da bacia do rio Barigui.	60
Figura 9	Ocupações urbanas irregulares (vermelho), no mapa esquerdo, e pontos de lançamento de esgoto oficiais (vermelho), no mapa direito. Fonte SANEPAR (2002).	65
Figura 10	Ortoimagem orbital CBERS multiespectral em combinação infravermelha de 2006, (esquerda); imagem orbital multiespectral QuickBird de 2006, em combinação infravermelha (centro-esquerda), imagens QuickBird fusionadas de 2005-2006, extraídas do Google Maps.	67
Figura 11	Diagrama do fluxo de geoprocessamento para a extração das áreas com Floresta Ombrófila Mista no buffer de 50m da hidrografia da bacia do rio Barigui de 2006.	79
Figura 12	Resultado comparativo de APP de 1952 (esquerda) e 2006 (direita).	82
Figura 13	Declividades da bacia do rio Barigui, à esquerda. Declividades entre 17-45° (amarelo) e >45° (em vermelho), à direita.	86
Figura 14	Esquerda: porção da bacia com as áreas estimadas de topos de morro e linhas cumeadas em sobreposição com as curvas de nível, áreas inundáveis e relevo (em cor atenuada). Na direita acrescem-se as áreas com declividades entre 30-45% e acima de 45%.	87
Figura 15	No mapa da esquerda o TIN da bacia mostrando as variações de elevação. No mapa da direita, com fins de comparação, as áreas inundáveis com a hidrografia em sobreposição.	88

Figura 16	Comparação do buffer de 30 metros dos percursos do rio em 1952 e 2006 na região do lago Barigui. Na imagem da direita é apresentado um detalhe mostrando os afluentes perdidos (em vermelho), por soterramento, canalização ou entubamento, na mesma região.	89
Figura 17	Na esquerda, geologia da bacia do Barigui segundo levantamento realizado por Bigarella <i>et al.</i> (1965). Na direita, mapeamento elaborado por MINEROPAR (2002) com a legenda na parte inferior da figura.....	91
Figura 18	Região cárstica da bacia do rio Barigui. Os compartimentos do aquífero são apresentados em amarelo.....	96
Figura 19	Área da bacia com mapeamento original de solos elaborado pela EMBRAPA (1984).	98
Figura 20	Correlação dos solos mapeados por EMBRAPA com a geologia da bacia do Barigui.	98
Figura 21	Correlação espacial entre os diferentes grupos de solos da bacia do Barigui: Argissolos (esquerda), Cambissolos (centro-esquerda), Latossolos (centro-direita) e Gleissolos (direita).	102
Figura 22	Mapeamento dos solos da bacia do Barigui gerada a partir do mapeamento de EMBRAPA (1984), complementado com o cruzamento com geologia, hidrografia, relevo e declividades.	103
Figura 23	Mapa de solos ajustado seguindo o traçado da hidrografia, áreas inundáveis e regiões com variações significativas de relevo e declividade do terreno.....	104
Figura 24	Uso do solo em 1952.....	110
Figura 25	Uso do solo em 2000.....	112
Figura 26	Uso do solo em 2006.....	113
Figura 27	Comparativo do uso do solo nos topos de morro e linhas cumeadas entre 1952 (esquerda) e 2006 (direita).....	119
Figura 28	Nascentes da bacia do Barigui (esquerda) com um detalhe da região central da bacia (direita) onde pode ser evidenciada a urbanização de grande parte das APP das nascentes.	121
Tabela 57	Uso do solo na Zona de Contenção em 1952.	125
Tabela 58	Uso do solo na Zona de Contenção em 2006.	126
Figura 29	No mapa da esquerda mostra a região do aquífero Karst com a localização dos compartimentos geológicos, os solos aluviais e as atividades de extração mineral, todas elas nas áreas mais rebaixadas e frágeis do aquífero. No mapa da direita pode-se perceber a lógica do relevo, com as áreas com maior declive sobre os diques de diabásio que delimitam o aquífero.....	127
Figura 30	Análise espacial da localização dos pontos de lançamento de esgoto <i>in natura</i> nos cursos d'água da bacia do rio Barigui, cadastrados em 2002. Mapa superior esquerdo: pontos cadastrados no Município de Curitiba. Mapa superior direito: pontos cadastrados em áreas densamente urbanizadas (amarelo). No mapa inferior direito há um número expressivo de pontos de lançamento em	

	áreas urbanas com rede de esgoto (laranja), os quais não estão ligados à rede.	132
Figura 31	Detalhe do percurso de 8km a jusante do lago Barigui, ao longo do eixo do rio, onde são evidenciados 12 pontos de lançamento, representando 19,68% de todo o esgoto lançado na bacia.	133
Figura 32	No mapa de esquerda apresentam-se as zonas com lançamento de esgoto <i>in-natura</i> . No mapa da direita encontra-se a localização dos 10 pontos com maior vazão de esgoto lançado em natura. Estes 10 pontos representam 149.066 litros, ou 55,96% do total de esgoto lançado <i>in-natura</i> . Estes 10 pontos representam 149.066 litros, ou 55,96% do total de esgoto lançado na bacia do rio Barigui (pontos em verde claro).....	134
Figura 33	No mapa da esquerda apresenta-se em detalhe as áreas de extração de areia na desembocadura do rio Barigui. A atividade é desenvolvida intensamente nas áreas de solos hidromórficos. Na imagem da direita pode-se ver a intensa ocupação das cavas.	136
Figura 34	Região do Karst mostrando os empreendimentos extrativistas de calcário (amarelo) e os poços de bombeamento de água subterrânea (verde) da SANEPAR (2002), com os compartimentos do aquífero e as declividades acima de 45% como pano de fundo.	137
Figura 35	Cobertura da vegetação original da bacia do rio Barigui estimada a partir de dados de relevo e declividades, geologia, solos e da distribuição e caracterização dos remanescentes de vegetação nativa mapeados por Klein em 1952.	139
Figura 36	Correlação entre a localização da vegetação original e solos frágeis ou de baixa fertilidade para a região superior da bacia, correlacionados à vegetação de Estepe (amarelo), onde o relevo mais plano e a disponibilidade de água facilitaram também a presença de florestas (verde). Em azul claro são apresentadas as áreas sob influência fluvio-lacustre.....	140
Figura 37	Correlação entre a localização da vegetação original e o aquífero <i>Karst</i> e as declividades, onde 30-45% é apresentado em rosa e mais de 45% (vermelho). As áreas de Estepe (amarelo) se correlacionam com as áreas com relevo menos acentuado, sobre os compartimentos do aquífero. As florestas aparecem com maior intensidade nas áreas circundantes ao <i>Karst</i> e com terreno mais acentuado. Em azul claro são apresentadas as áreas de Formação Pioneira de Influência Flúvio-lacustre.	141

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	O OBJETO DE ESTUDO	18
2.1	O problema	20
2.2	Justificativa e marco filosófico.....	21
3	OBJETIVOS.....	27
3.1	Objetivos secundários.....	27
3.2	Localização da área de estudo.....	28
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
4.1	Aspectos fisionômicos do Planalto de Curitiba.....	29
4.1.1	Inserção na paisagem macro.....	29
4.1.2	Geologia	30
4.1.3	Geomorfologia.....	32
4.1.4	Solos.....	34
4.1.5	Hidrografia.....	34
4.1.6	Clima	35
4.1.7	Vegetação	37
4.1.8	Aspectos Socioeconômicos.....	39
4.2	Dinâmica hídrica e qualidade da água	40
4.2.1	Bacias hidrográficas.....	42
4.2.2	A situação dos recursos hídricos no mundo.....	45
4.2.3	A situação dos recursos hídricos no Brasil	52
4.3	Legislação	54
4.3.1	Quanto a recursos hídricos.....	54
4.3.2	Quanto à vegetação ripária	56
4.4	Unidades de Conservação na bacia do rio Barigui	59

5	MATERIAIS E MÉTODOS	61
5.1	Materiais	61
5.1.1	A bacia Barigui	61
5.1.2	Cartografia base	63
5.1.3	Dados secundários	63
5.1.4	Mapeamento produzido	65
5.2	Estratégia de análise	68
5.2.1	Consolidação da cartografia	68
5.2.2	Análise espacial	69
5.2.3	Análise do relevo	72
5.3	Análise em SIG	76
5.4	Análise de dados	80
5.4.1	Critérios aplicados	80
5.4.2	Processamento dos dados	81
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
6.1	Análise dos dados	84
6.1.1	O meio físico	84
6.1.3	Uso do solo na bacia	108
6.1.4	Unidades de Conservação	121
6.1.5	Impactos ambientais das atividades antrópicas	129
6.1.6	Cobertura vegetal original da bacia	137
7	CONCLUSÕES	142
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146

RESUMO

Inserida na Região Metropolitana de Curitiba, o objeto de estudo da presente tese é a bacia hidrográfica do rio Barigui, a qual apresenta um conjunto interessante e variado de exemplos de fragilidades ecossistêmicas e excessos na ocupação predatória do espaço, usual nas metrópoles brasileiras. A história ecológica do principal rio dessa bacia, o rio Barigui, revela alterações do espaço físico decorrentes da ocupação humana, demonstradas inicialmente pela imediata supressão da vegetação original componente daquele espaço, demandando ainda obras de engenharia de retificação do leito, originalmente meândrico, e de aprofundamento de sua calha, afetando sua dinâmica hídrica. Tais obras consideradas fundamentais para conter as constantes enchentes que naturalmente atingiam a planície de inundação, favoreceram unicamente a população ali estabelecida - um dilema socioambiental no mínimo equivocado. Ainda, no panorama de rios em espaços urbanos, a água - o recurso natural indispensável à vida -, de uma forma ilógica, fica relegada ao papel de receptor e transportador de resíduos humanos. O presente trabalho utiliza ferramentas espaciais e de avaliação ecológica com métodos de análise de planejamento territorial e impacto ambiental, tendo como ponto de partida a Planta Fitogeográfica de Curitiba e Almirante Tamandaré, propostas por Klein & Hatschbach em 1952, como produto da interpretação das fotografias aéreas do sobrevoo realizado no ano de 1950, na escala de 1:25.000. Para realizar o comparativo histórico do processo de ocupação foram usadas imagens do satélite QuickBird do ano de 2006. O desenvolvimento da pesquisa permitiu concluir que o espaço urbano é o primeiro lugar para o qual devem ser encontradas soluções sustentáveis de ocupação, mesmo que já historicamente desordenadamente estabelecida. Ainda que, no decorrer da série histórica analisada foram aprovadas diversas leis ambientais, claras e abrangentes, protegendo os recursos naturais e dando diretrizes para o ordenamento territorial, a ocupação desordenada da bacia do Barigui incluída as atividades antrópicas mais danosas, como o extrativismo de areia e calcário nas APP, ocorreu mais intensamente e descontrolada após a vigência da legislação, o que demonstra, tanto o desconhecimento como o despreparo dos órgãos públicos para implementá-las, aliado à falta de vontade política para a implementação legal daquelas medidas que teriam impacto negativo nas urnas e que, se forem levadas adiante, teriam efeitos benéficos após muitos anos, sendo usufruídas apenas pelas futuras gerações.

Palavras chave: APP, ocupação urbana em APP, bacia rio Barigui.

ABSTRACT

The object of this thesis is the Barigüi river watershed, located in the Metropolitan Region of Curitiba. This Barigüi river watershed presents an interesting and varied set of examples of frequent ecosystem weaknesses and recurrent predatory land occupation trends found in Brazilian urban areas. The ecological history of the Barigüi river watershed reveals physical changes in its meandrine layout caused by human encroachment, initially by removing its primeval vegetation, then by engineering rectification works on the river bed, affecting water flow dynamics. Such works, essential to contain flooding into the surrounding plains, favored population encroachment - a socially and environmentally misguided dilemma. Then, as in most urban watercourses, water - the essential resource for life - is illogically relegated to be the receptor and transporter of human wastes. The thesis applies spatial and ecological land use planning evaluation methods and environmental impact assessment tools, starting with the phytogeographic map produced by Klein & Hatschbach in 1952 for the Curitiba and Almirante Tamandaré municipalities, applying ocular interpretation to aerial photographs from 1950 (1:25,000). Comparative studies were produced by processing QuickBird satellite imagery from 2006. The study concluded that sustainable alternatives to human occupation must first be found for urban areas, even if they are already settled in a disorderly manner. Even though throughout the analyzed historical period several environmental laws protecting natural resources and providing guidelines for land use planning were approved, the disorderly occupation of the Barigüi watershed included some of the most harmful human activities, such as sand and limestone instream and environmentally protected floodplains dredging, increased and became more intense after the effective date of the legislation, demonstrating both ignorance and unpreparedness of government agencies responsible for the enforcement of those laws, and lack of political will due to short-term electoral reasons, as positive effects of law enforcement will only be enjoyed by future generations.

Keywords: areas under permanent environmental protection, urban occupation of areas under permanent environmental protection, Barigüi river.

1 INTRODUÇÃO

É sabido que a destruição histórica dos ecossistemas florestais originais teve como justificativa a necessidade da disponibilização do espaço geográfico inicialmente para o estabelecimento de moradias e posteriormente para a ampliação de áreas compreendidas como urbanas, demandando ainda outros espaços para o estabelecimento e expansão de áreas agrícolas necessárias à produção de alimentos para uma população em exponencial crescimento. Assim, a eliminação indiscriminada de formações vegetais sem sequer terem sido cientificamente descritas em sua integralidade teve como consequência imediata a redução do número de indivíduos das populações existentes, a eliminação de espécies frágeis ou raras, e possivelmente o desaparecimento de padrões genéticos singulares. Consequentemente, pode-se dizer que houve redução de biodiversidade, uma mazela sócio ecológica do homem moderno.

Ainda, historicamente, o critério disponibilidade de água, ou seja, a presença de um curso d'água com qualidade e quantidade satisfatórias para atender as necessidades humanas, foi o fator determinante na eleição do espaço geográfico para o estabelecimento inicialmente de povoados e vilas. Logo, a degradação dos cursos d'água foi e continua sendo uma consequência da ocupação das margens dos rios eleitos para tais fins. Assim, outra mazela sócio ecológica aqui considerada é a poluição hídrica, que Reinhard Maack já em 1961 apregoava: *"são passados os tempos em que os córregos e rios, com suas águas límpidas, enfeitavam as paisagens; águas sujas, amarelas e vermelhas são agora conduzidas rio abaixo."*

Assim, no contexto de desmatamento, as florestas particularmente situadas nos ambientes ripários não foram poupadas no processo de ocupação do espaço territorial, muito embora haja de longa data uma legislação que promova a sua proteção integral, o Código Florestal Brasileiro - Lei 4771/65, o qual classifica esse espaço como Área de Preservação Permanente, tendo o propósito principal a proteção de cursos d'água, nascentes e fontes.

Na atualidade, os tipos de vegetação existentes às margens dos rios ou próximos a eles

nos espaços urbanos são ainda paulatinamente degradados de forma irracional devido à falta ou dissociação do planejamento urbano com o planejamento territorial embasado em critérios de sustentabilidade mutualística, acrescido da falta de percepção ou priorização política para com as questões ambientais desses locais. Consequentemente, tais espaços tornam-se uma alternativa de assentamento àqueles habitantes social e economicamente desfavorecidos na busca de um lugar para morar e que, através de um círculo vicioso, extinguem a vegetação no espaço disponível.

No panorama de rios em espaços urbanos, a água - o recurso natural indispensável à vida -, de uma forma ilógica, fica relegada ao papel de receptor e transportador de resíduos que, produzidos em grande proporção, acima da capacidade estabelecida de captação e tratamento, são despejados *in natura*. Ainda, de certa forma contraditória, a presença de elementos contaminantes nas águas destinadas ao abastecimento da população é legalmente aceita mediante índices mínimos e máximos, como o de oxigênio dissolvido e/ou da demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, elevação da temperatura, alteração de pH, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez, conferindo-lhe um caráter de satisfatoriedade conforme a escala de valor atribuída.

Sociedades que ainda demonstram conflito ao dar um destino adequado aos resíduos por ela mesma originados, como é o caso da simples separação seletiva do lixo, uma prática adotada apenas por um pequeno percentual da população, dando a preferência para a exploração da matéria prima da natureza à reaproveitá-la através de sua reciclagem, mesmo que os atuais níveis de desenvolvimento científico e tecnológico o permitam fazê-lo com satisfatório grau de eficiência, como é o caso da maioria dos materiais usados em embalagens de produtos, poderiam ser qualificadas como ainda pouco civilizadas, pois a conservação de qualquer recurso natural, seja para a sua própria geração, seja para a geração futura, requer a percepção da necessidade e importância de ações que são extremamente simples no dia-a-dia do ser humano, e que ainda é pouco praticada na cultura, no momento, moderna.

Antes mesmo da sua fundação em 1693, a cidade de Curitiba já contava com moradores

no Primeiro planalto paranaense, acessado pelas passagens do rio Ribeira e Açungui, havendo evidências documentais de que Heleodoro Ébano, mais conhecido como Ébano Pereira, já havia estado em Curitiba em 1639 fazendo experiências com o ouro aqui encontrado. Assim, os mineradores com suas famílias começavam a se fixar nos campos de Curitiba entre os rios Atuba e Barigui. Dissipadas as expectativas de ouro e prata em abundância no Primeiro planalto dar-se-ia a retirada dos mineradores das terras paranaenses. Todavia ficaram aqueles que haviam estabelecido suas roças e currais e aí se fixaram (PARANÁ¹, 1990). Três séculos depois, em 1940, Curitiba contava com uma população superior a 140.000 habitantes. Em 1970, a população já era superior a 600.000 habitantes. Ao final da década de 90 a população ultrapassa a 1,5 milhões de habitantes (IBGE, 2007).

Assim, o processo de ocupação da cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, não diferentemente ao de outros centros urbanos, seguiu um caráter espontâneo e anárquico, priorizando as áreas de proximidade aos cursos d'água como espaços aptos ao assentamento da população imigrante, padrão esse que não se modificou ao longo da história, gerando na atualidade conflitos de ordem legal, ecológica e social, decorrentes do uso inadequado daquele espaço geográfico.

2 O OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo da presente tese é a bacia hidrográfica do rio Barigui.

Inserida na Região Metropolitana de Curitiba, esta a capital do estado do Paraná, Brasil, a bacia apresenta um conjunto interessante e variado de exemplos de fragilidades ecossistêmicas e excessos na ocupação predatória do espaço, usual nas metrópoles brasileiras e por isso considera-se ser o primeiro lugar para o qual devem ser encontradas soluções sustentáveis de ocupação, mesmo que já historicamente desordenadamente estabelecida.

O principal curso d'água da bacia, o rio Barigui, muito embora inicialmente pouco expressivo em vazão, assume uma posição socioambiental significativa atravessando áreas intensamente urbanizadas, ao mesmo tempo em que em seu percurso compreende áreas públicas como o Parque Tanguá e o Parque Barigui, este o segundo maior parque urbano da Capital, e por isso um ponto de atração diária de milhares de visitantes locais e outros de distintas origens que buscam naquele espaço alternativas de lazer e bem estar.

A história ecológica do rio Barigui, considerando a sua bacia hidrográfica como o espaço territorial avaliado na presente tese, visualizada nos anos de 1952 e 2006, revela alterações do espaço físico decorrentes da ocupação humana, demonstradas pela imediata supressão e alteração da vegetação original daquele espaço, afetando ainda a própria dinâmica hídrica do rio, decorrente também de obras de engenharia de retificação do leito, originalmente meândrico, e de aprofundamento de sua calha. Essas obras foram consideradas fundamentais para conter as constantes enchentes que naturalmente atingiam a planície de inundação, e favorecer a população ali estabelecida - um dilema socioambiental no mínimo equivocado.

Considerando que, o que 'deveria ter sido feito' no momento do estabelecimento da ocupação da bacia, particularmente no momento da elaboração e da implementação de planos diretores e/ou programas de desenvolvimento urbano da cidade de Curitiba, não foi executado ou não foi adequadamente planejado e o que agora 'é possível fazer' no intuito de reverter o panorama de degradação atual hoje evidenciado, condicionado à mudança de

comportamento da população, o qual deve passar de ‘predador’¹ para gestor racional e consciente dos determinismos naturais do nosso ambiente, tendo como eixo central a conservação dos recursos hídricos no seu contexto ecossistêmico, o presente trabalho restringe-se a analisar a ocupação do espaço e a sua integração mutualística nos ecossistemas presentes, evidenciado pela manutenção da capacidade de resiliência ecológica dos mesmos. Neste caso, trabalhando no contexto de bacia hidrográfica como unidade ecossistêmica funcional, a resiliência ecológica é evidenciada pela conservação dos recursos hídricos, tanto associados ao suprimento de água para uso humano, como para a sobrevivência dos componentes bióticos da bacia, em especial da vegetação nativa.

De forma prática, o ecossistema da bacia do rio Barigui tem um papel determinante na manutenção da qualidade ambiental do espaço ocupado pelo homem, assegurando o suprimento de água com qualidade, tanto superficial, como subterrânea, regulando enchentes, conservando o solo e sequestrando o excedente de CO₂ gerado pela queima intensa de combustíveis fósseis.

Metodologicamente, a presente tese não se enquadra nos padrões de um trabalho de geoprocessamento por não desenvolver novas ferramentas e tampouco conceitos originais nessa área, muito embora se utilize intensamente dessas ferramentas para a derivação de dados secundários.

Tampouco, é uma tese na área de gestão de bacias hidrográficas, por não centrar o trabalho na gestão dos recursos hídricos ou na conservação de solos com visão agronômica, por exemplo. A bacia hidrográfica é aqui entendida como a delimitação natural de estruturas ecológicas onde a água é o vetor principal do fluxo da energia entre as diferentes fases ecossistêmicas nos espaços analisados. A água é o fator regulador do equilíbrio ecológico do qual depende a sustentabilidade da ocupação humana.

Por isso, as disciplinas de avaliação de impactos ambientais e de planejamento territori-

¹ Seguindo conceitos de N. HUMPHREY (2002) no seu trabalho “*The Mind Made Flesh: Frontiers of Psychology and Evolution*”.

al são parte integrante fundamental na estrutura metodológica de avaliação no trabalho, considerando os componentes culturais, incluindo aspectos sócio-políticos, legais, fundiários e produtivos, da ocupação urbana que determinam o uso dos recursos naturais.

Nesta metodologia, a análise da distribuição, qualidade estrutural, quantidade e integridade da vegetação nativa remanescente é o elemento mais importante e original da metodologia aplicada para a avaliação da racionalidade da ocupação da bacia, já que a sua descaracterização ou desaparecimento, assim como a distribuição espacial dos remanescentes, são o principal indicativo da intensidade e insustentabilidade da ocupação. Esta afirmação permite presumir, com um elevado nível de certeza, qual é a situação dos outros recursos naturais diretamente dependentes da adequada proteção da vegetação nas áreas frágeis: nascentes, margens de rios, áreas com elevada declividade, divisores d'água, linhas de cumeadas e topos de morros, definidos como Áreas de Preservação Permanente - APP na legislação brasileira, essenciais para a conservação de ecossistemas.

Assim, a qualidade da vegetação nativa não é aqui avaliada pelos índices de riqueza e integridade ecossistêmica, como é feito de praxe em atividades de conservação da biodiversidade, mas sim como um fator preponderante na manutenção da qualidade ambiental da bacia.

Desta forma, a vegetação nativa nas APP's é analisada visando determinar medidas de intervenção e manejo que compensem a falta de mecanismos ecossistêmicos naturais de sucessão e recomposição das espécies-chave, essenciais para a conservação de encostas e áreas frágeis, das quais depende a qualidade ambiental da bacia.

2.1 O problema

O tema da presente tese vem de encontro a uma clara e dramática constatação do *Worldwatch Institute* em seu documento *State of the World* de 2007, que é definido da seguinte forma: “É particularmente irônico saber que a batalha para salvar os ecossistemas ainda saudáveis do mundo será ganha ou perdida não nas florestas tropicais ou nos recifes de coral

ameaçados, mas sim nas ruas das paisagens mais antinaturais do Planeta”.

Já, em seu discurso de encerramento de mandato em 1995, o então Vice-Presidente do Banco Mundial, Ismail Serageldin, fez a previsão que “se as guerras deste século foram causadas pelo controle do petróleo, as guerras do próximo século serão travadas pelo acesso à água” – referindo-se ao século XXI.

Pode-se então dizer que essas duas frases, muito embora de origens politicamente tão contrastantes, se complementam e vêm de encontro à definição do problema central que justifica o tema da presente tese: o atual estado de degradação de uma bacia hidrográfica - a bacia hidrográfica do rio Barigui -, ocupada por densa urbanização que desconsiderou parâmetros efetivos para o conhecimento sistêmico e a regulação do uso sustentável dos recursos naturais.

2.2 Justificativa e marco filosófico

Considerando as dimensões conceituais e metodológicas imanentes ao contexto definido pelo problema central acima estabelecido, a estratégia de elaboração da presente tese foi idealizada como um exercício interdisciplinar de análise, adotando metodologias e ferramentas provenientes de diversas disciplinas, com as quais visa interpretar os processos de alteração das estruturas e fluxos ecossistêmicos submetidos à pressão antrópica em uma região metropolitana, assim como identificar alternativas de ajuste dessa ocupação que permitam uma relação mutualística do homem e natureza.

Na presente tese o conceito de mutualismo empregado está adaptado da definição consagrada em ecologia e de acordo com a definição dada por Charles Darwin em “A Origem das Espécies”, onde mutualismo identifica uma forma de interação entre dois indivíduos ou populações de espécies, em que ambos obtêm algum benefício dessa relação. O mutualismo é universalmente exemplificado na relação entre plantas e insetos, onde as primeiras oferecem néctar em troca de que os segundos espalhem seu pólen. Entende-se assim que a eficiência e a elegância deste tipo de interação na natureza é o caminho a ser imitado no

desenvolvimento de novos paradigmas (sustentáveis) de integração do homem no ambiente natural.

Assim, a premissa desta tese é que o uso sustentável dos recursos deve ser uma forma mutualística de relação do homem com a natureza na medida em que se possa ter sucesso evolutivo para a espécie humana, sem pôr em risco a viabilidade de vida do Planeta. Por isso, é fundamental a concentração de esforços intelectuais e práticos na busca de alternativas mutualísticas (sustentáveis) de ocupação do espaço e uso dos recursos naturais.

Por ser esta uma tese na área de avaliação do estado de conservação de recursos naturais com base no planejamento territorial, o trabalho parte de que para entender adequadamente a racionalidade da interação das diferentes culturas humanas com a natureza é essencial entender a sua origem e a forma em que elas foram desenvolvidas até o dia de hoje.

De forma geral, pode-se dizer que a evolução da cultura é determinada basicamente por processos similares à evolução biológica, em função do sucesso que certos hábitos culturais oferecem para o acesso e controle dos recursos, o que determina o sucesso reprodutivo do indivíduo ou grupo de indivíduos relacionados geneticamente. Se as condições ecológicas e a disponibilidade de recursos mudam, a cultura tende a se adaptar acompanhando a nova realidade, de forma a assegurar o sucesso da espécie ou grupo de indivíduos dessa espécie. Ou seja, a espécie humana além de reproduzir a sua bagagem genética por meios biológicos como o resto das espécies, também conserva, adapta e replica a sua bagagem cultural por meios sociais de transmissão de informação. Diversos autores têm argumentado sobre esse tema (DAWKINS, 1976, 1982, 1993, 1999; DISTIN & DISTIN, 1996; DISTIN, 2005), cujas bases teóricas estão atualmente em rápido desenvolvimento científico, partindo da hipótese estabelecida por DAWKINS (1989) e sintetizada na seguinte frase: “tudo o que o homem tem de especial, se comparado a outras espécies, pode ser resumido a uma palavra: cultura”.

A cultura é uma feição única e fascinante da espécie humana, por não ser biológica em origem, mas um produto coletivo das atividades e pensamentos humanos que permeia e

determina todas as formas de expressão humanas, desde as artes até a forma em que se organiza socialmente e como interage com a natureza.

Na evolução biológica, quando o ambiente não fornece as condições adequadas para a sobrevivência de uma espécie, a mesma evolui e se adapta. Da mesma forma, a cultura, no conjunto geral da sua estrutura, requer ‘ser útil’ para a subsistência humana, pelo qual é lógico pensar que a mesma tenha mecanismos evolutivos de adaptação que acompanhem, de alguma forma, as condições de cada momento e lugar.

Como já evidenciado ao longo da história humana, uma sociedade quando não consegue se adaptar a mudanças climáticas e restrição de recursos desaparece é substituída por outra estrutura social ou mesmo outros povos com condições culturais e técnicas para se adaptar a essa nova realidade ecológica.

Para alguns dos mais reconhecidos especialistas da atualidade, como DAWKINS (1976), DISTIN (1996; 2005), DENNETT (1990, 1995, 1999), BLACKMORE (1999, 2000), a evolução cultural é conduzida por “memes” ou unidades de seleção cultural, analogicamente aos genes que são as unidades de seleção biológica. Nesse sentido, hoje a tendência é adotar uma visão generalizada da Teoria da Evolução, onde a evolução acontece em diversos níveis interdependentes, através da busca pela sobrevivência de replicadores primários de informação, como o gene na evolução biológica e o meme na evolução cultural (DAWKINS, 1976; DISTIN, 2005).

Nesse contexto, pode-se supor que, como existem genes neutros ou anacrônicos do ponto de vista funcional, alguns memes também podem ser neutros ou anacrônicos do ponto de vista evolutivo, como a forma de vestir, comer, extrair recursos na natureza, cultivar o solo ou elaborar crenças sobre a origem da vida.

No entanto, em algum momento da evolução cultural, as formas de interagir com a natureza foram decisivas para a sobrevivência humana, usualmente como elementos aglutinantes e estruturantes dos grupos geneticamente relacionados, o que facilitava a consecução sinérgica de objetivos comuns na luta pelo acesso e controle dos recursos e sucesso reprodutivo.

Por outro lado, discordando de WILSON (1975) e outros teóricos da Sociobiologia, ao afirmarem que a cultura e os consequentes comportamentos psicossociais induzidos por ela sejam unicamente condicionados geneticamente, DAWKINS (1979), identifica feições únicas da espécie humana que levam a pensar que, ainda que se tenham todos os componentes do determinismo genético na bagagem instintiva, apresenta rudimentarmente a capacidade de sublimar e modificar as tendências irracionais do ‘animal interior’ na busca de objetivos mais transcendentais do que aqueles meramente relacionados ao sucesso imediato dos nossos genes individuais, corroboradas ainda por AXELROD & HAMILTON (1981) e AXELROD (1984). São elas:

- A capacidade de analisar e simular conscientemente cenários futuros; e
- Apresentar o potencial de ter, ‘*tal vez*’², um comportamento verdadeiramente altruístico³ e, diferentemente de outros primatas, desinteressado, em prol do coletivo.

Esta constatação é de grande relevância para a presente tese, já que o atual momento na história da espécie humana de avançado nível de desenvolvimento tecnológico permite, illogicamente, alterar e destruir ecossistemas em escala global, o que levará, nesse ritmo, a destruição da própria espécie. Ou seja, o hábito ancestral humano de apropriar-se dos ecossistemas naturais e modificá-los em benefício próprio, ao custo de exterminar outras espécies e depredar irreversivelmente o substrato necessário para a manutenção de toda a vida, pode já ter atingido o limite.

Portanto, o momento atual da sociedade moderna não dá mais espaço para continuar com as mesmas regras de interação socioeconômica e política que têm dominado as relações entre indivíduos e grupos humanos ao longo da história, independente de legalismos,

² Uma sugestão que Richard Dawkins coloca no seu trabalho de 1979.

³ Conforme COMISSÃO EUROPÉIA (1992), em “*The Use of Biological, Social and Economic Indicators in Environmental Assessment for the Conservation of Biological Diversity*”, no conceito de Mutualismo, como foi constatado por Darwin, não é possível que uma espécie tenha evoluído pelo benefício de outras espécies, já que “*isso não poderia ter sido produzido por seleção natural*”.

ou seja, de direitos adquiridos que partem sempre de lógicas primárias e instintivas, onde o acesso, controle e uso predatório dos recursos têm sido preponderantemente mais importantes do que seu uso meramente racional.

Hoje, graças ao extenso e sólido conhecimento que a ciência tem dado sobre o funcionamento e as fragilidades da natureza, assim como de origem biológica das espécies, pode-se e deve-se sim mudar as premissas pré-científicas que apoiam os nossos hábitos em argumentos ontológicos antropocêntricos e em uma pretensa posição especial ou supranatural que se tem concedido à espécie humana, justificando equivocadamente a destruição predatória dos recursos naturais do Planeta como necessária à sobrevivência.

Nesse contexto, a presente tese parte do entendimento de que é primordial que o *Homo sapiens* tenha a capacidade de cultivar novos paradigmas culturais que permita entender a natureza simplesmente ‘como ela é’⁴, estritamente em bases científicas, sem os pré-conceitos antropocêntricos ancestrais, colocando limites harmônicos (sustentáveis) nas formas de interação com ela.

Vale salientar que, como mencionado por BUTTEL (1996; 2000), as ciências sociais têm prestado quase nenhuma atenção ao ambiente biofísico como fator causal ou, simplesmente, como variável coadjuvante que possa vir a explicar processos ou condicionar estratégias socioeconômicas, seja por parte da sociedade ou dos tomadores de decisão nas esferas governamentais.

Na realidade, a sociologia ambiental só começou a ser considerada como disciplina no contexto das ciências sociais a partir dos anos 70 (CATTON & DUNLAP, 1978, 1980; BENTON & REDCLIFT, 1994; DICKENS, 1992, 1996), pela ação dos movimentos ambientalistas. A partir de então, diversos autores começaram a questionar paradigmas teóricos clássicos como os trabalhos de K. MARX, E. DURKHEIM e M. WEBER, devido à sua metodologia antropocêntrica (BUTTEL *et al.*, 2001), colocando a espécie humana em uma condição de isenção de responsabilidade para com a natureza (CATTON & DUNLAP,

⁴ Parafraseando Albert Einstein, no seu longo artigo “*The World as I See It*” (aprox. 1950).

1978, 1980).

Até hoje não existe consenso teórico entre a sociologia ambiental e o resto das ciências sociais que lhes permita contribuir *per se* de forma decisiva no processo de readaptação dos hábitos humanos, sem considerar o determinismo biológico como eixo fundamental em suas análises.

Em função disso, a lógica de análise empregada por esta tese não está determinada por critérios sociais, antropológicos ou políticos, mas pela realidade natural onde o homem enquanto sociedade se insere.

Por tudo isso, é premissa para o marco filosófico da presente tese que, muito embora existindo um componente de determinismo biológico na natureza humana, por ser uma espécie definida como inteligente⁵ ela possui:

1. A capacidade de dimensionar as consequências futuras das nossas ações e
2. O potencial para nos comportar mutualisticamente, sem buscar recompensas imediatas ou de curto-prazo.

Logo, entende-se que é possível pensar que se possa mudar os ancestrais paradigmas culturais antropocêntricos, readequando a forma de se inserção do homem na natureza utilizando tão somente práticas sustentáveis, o que deverá levar, inevitavelmente, à modificação profunda das formas de interação social e dos hábitos da humanidade no futuro.

⁵ A definição dos parâmetros que determinam o conceito de inteligência está fora do escopo desta tese e, por isso, o termo é utilizado simplesmente para fazer referência a nossa capacidade intelectual de controlar o nosso comportamento e o nosso entorno.

3 OBJETIVOS

Aplicando-se o marco referencial definido ao panorama atual de degradação da vegetação da bacia do rio Barigui, o presente trabalho busca produzir um cenário atualizado e com dados estruturados e orientados para subsidiar o estabelecimento de estratégias de realinhamento da ocupação em bases sustentáveis da Região Metropolitana de Curitiba. Nessa linha, pretende-se avaliar o grau de supressão da vegetação original da bacia do rio Barigui após cinco décadas, configurando-se como objetivo principal, desenvolver uma metodologia de avaliação sistêmica, correlacionando o fator biótico vegetação, com os fatores abióticos geologia, relevo, solos e água e os processos de ocupação antrópica, considerando a vegetação nativa o fator condicionante da integração sustentável das atividades antrópicas nos fluxos ecossistêmicos de bacias hidrográficas. Para tanto, adotou-se a bacia do rio Barigui como estudo de caso.

3.1 Objetivos secundários

- a. Delimitar e quantificar a vegetação presente na bacia do rio Barigui através de imagens de satélite de alta resolução e cartografia legada, estabelecendo uma série histórica comparativa dos anos de 1952, 2000 e 2006;
- b. delimitar e quantificar a sucessão ou a regressão da vegetação remanescente nas áreas legalmente conservadas;
- c. identificar, delimitar e quantificar a vegetação remanescente em áreas com restrições ecológicas à ocupação humana e uso dos recursos naturais;
- d. identificar e avaliar os usos inadequados estabelecidos nas áreas de preservação permanente – APP's;
- e. contextualizar metodologicamente a vegetação nativa como fator essencial na manutenção dos ecossistemas das bacias hidrográficas, definindo seu papel funcional no equilíbrio de ecossistemas urbanizados;
- f. elaborar um mapa estimando um cenário com a cobertura vegetal primária pretérita da

bacia do rio Barigui, como indicador para a recuperação da paisagem no seu processo de restauração.

3.2 Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Barigui está localizada no primeiro planalto paranaense, na Região Metropolitana de Curitiba, com as seguintes coordenadas de latitude $25^{\circ}13'24''$ e $25^{\circ}38'23''$ sul e longitude $49^{\circ}15'00''$ e $49^{\circ}22'29''$ oeste.

A bacia compreende 279km^2 (FILL *et al.*, 2005) e uma extensão de 66km, segundo FERNANDES (2005). Suas nascentes situam-se nos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo, passando pelo município de Curitiba, compreendendo sua maior extensão, desaguando no rio Iguaçu, no município de Araucária (Figura 1).

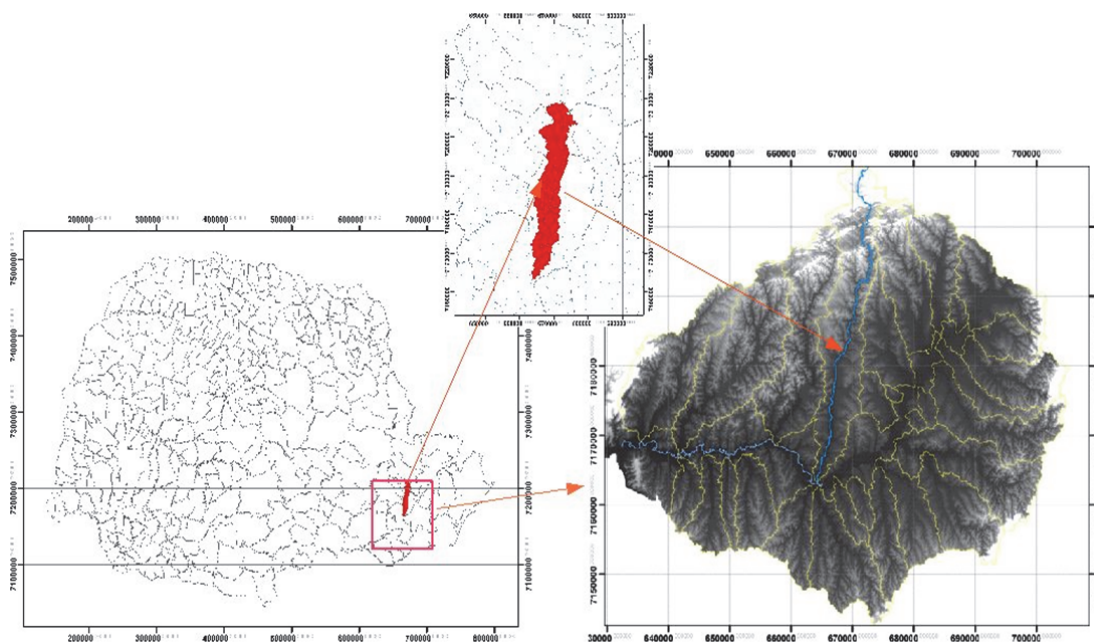


Figura 1 Localização da bacia do rio Barigui no estado do Paraná, na Região Metropolitana de Curitiba.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos fisionômicos do Planalto de Curitiba

4.1.1 Inserção na paisagem macro

A paisagem macro aqui referida é o estado do Paraná, o qual é parte integrante do planalto do Brasil Meridional (BIGARELLA, 1978).

O Paraná compreende cinco zonas de paisagens naturais descritas por MAACK (1981), as quais foram estabelecidas pela posição das escarpas, vales de rios e divisores de água, bem como pelo caráter fisiográfico unitário, como segue:

O **litoral**, primeira zona de paisagem, compreende duas subzonas: a planície litorânea e a zona montanhosa litorânea, denominadas respectivamente de orla marinha e orla da serra.

A **Serra do Mar**, limite entre o litoral e o interior, representa uma escarpa formada por uma cadeia de serras marginais descontínuas, repartida por falhas transversais em blocos elevados e rebaixados, formando serras isoladas, que se elevam de 500 a 1000 metros, acima do nível do planalto no estado do Paraná, formando uma serra mais escarpada do lado Atlântico do que do lado continental, sendo que deste lado é dotada de alta complexidade morfológica (BIGARELLA, 1978).

O **primeiro planalto**, limitado a leste pela serra do Mar, é um platô regular com grandes extensões planas e suaves ondulações na porção sul. É nessa parte não entalhada e suavemente ondulada do planalto que se insere a cidade de Curitiba, e por isso recebeu o nome de planalto de Curitiba. A parte norte, delimitada a partir do principal divisor de águas Iguaçu-Ribeira, é profundamente recortada numa paisagem de recentes elevações, recebendo o nome de região serrana do Açungui, em anuência ao rio de mesmo nome que a entalhou. Essa porção apresenta em média 75 metros mais de altitude do que o nível geral do planalto de Curitiba com 980 metros. A terceira parte do primeiro planalto é o planalto de Maracanã, localizado na porção noroeste, sendo drenado por rios que transpõem a Es-

carpa Devoniana por meio de portas de rompimento. É uma zona de terrenos planos, alagadiços, isolada de maior resistência, constituída por quartzito, e morros abaulados de quartzo pórfiro decompostos.

O **segundo planalto** tendo como limite leste a Escarpa Devoniana exhibe terrenos suavemente ondulados, constituídos por sedimentos paleozóicos do devoniano, carbonífero e permiano. Apenas na sua porção mais oeste surgem mesetas isoladas e cadeias de mesetas com restos de sedimentos triássicos, diques, “sills” e capas de rochas eruptivas básicas do vulcanismo gondwânico. Este planalto é denominado de planalto de Ponta Grossa em alusão a essa cidade polo regional.

O **terceiro planalto** é limitado a leste pela escarpa Triássico-Jurássica, localmente denominada serra da Boa Esperança, a qual separa os terrenos de sedimentos paleozóicos das formações do mesozoico. Muito embora a configuração da superfície desse planalto demonstre certa uniformidade, observa-se uma divisão em blocos estabelecida pelos rios que nele percorrem; também denominado de planalto do *trapp*, está compreendido entre o rio Paranapanema, limite norte, e rio Paraná, limite oeste, e ao sul pelo divisor de águas Iguaçu-Uruguai.

4.1.2 Geologia

Cronologicamente, o embasamento do primeiro planalto tem sua origem no Pré-Cambriano, sendo formado pelas rochas mais antigas do planeta.

A geologia do primeiro planalto revela rochas de três grandes Eras que compõem a história da Terra. As rochas Pré-cambrianas, variando de quatro bilhões e meio a quinhentos e setenta milhões de anos, são reunidas em cinco diferentes Grupos: os complexos pré-Setuva e Serra Negra compõem o Grupo mais antigo, com idade superior a dois bilhões de anos. São rochas metamórficas de aspecto granítico, denominadas gnaisses, migmatitos e granulitos, conforme variações de suas composições minerais. Pouco menos antigas, com idades entre dois bilhões de anos e quinhentos e setenta milhões de anos são as rochas do

Grupo Açungui e Setuva. Nestes grupos, igualmente metamórfico, predominam as rochas xistosas, folheadas que, dependendo das suas composições mineralógicas, são denominadas de xistos, mármore, quartzitos e metabasitos (PARANÁ, 1990).

No Grupo Açungui, as rochas carbonáticas com direção NE-SW são constituídas de metadolomitos. Essas rochas caracterizam-se pela alta permeabilidade e solubilidade. Possuem alta densidade de fraturas e outros planos estruturais em várias direções, sendo bastante percolativas o que lhes confere um alto potencial de armazenamento de água, relacionado tanto às discontinuidades estruturais como às cavidades subterrâneas formadas pela dissolução das rochas carbonáticas – *Karst* (PARANÁ, 1999).

As rochas do Pré-cambriano vêm sendo erodidas ao longo do tempo, sendo o produto dessa erosão depositado na bacia sedimentar de Curitiba, sobre a qual está construída a cidade de Curitiba. A bacia de Curitiba é preenchida por rochas sedimentares argilosas e arenosas que constituem a Formação Guabirotuba, com idades entre cinco milhões a cem mil anos (PARANÁ, 1990¹).

Esses diferentes tipos de rochas contêm riquezas minerais expressivas como o talco, sendo o Paraná o maior produtor brasileiro desse mineral, com diversas minas localizadas em rochas calcárias do Grupo Açungui, que também apresenta minas de chumbo e prata na região de Adrianópolis, no vale do rio Ribeira. Nele, encontram-se as maiores reservas brasileiras de fluorita, minério usado na metalurgia do alumínio e na indústria química. O ouro, lavrado há alguns anos nas proximidades de Campo Largo, está sobre o plutão granítico de Passa Três (PARANÁ, 1990).

O pacote de rochas mais recentes componente do primeiro planalto datam do Quaternário, com idades inferiores à sessenta e cinco milhões de anos, compreendendo aluviões, sedimentos inconsolidados e arenitos carbonatados, depositados em uma grande depressão antiga, a bacia pleistocênica de Curitiba.

Os sedimentos depositados na bacia de Curitiba datam do Terciário médio ao superior (Formação Guabirotuba) e Quaternário (Formação Tingui). Estas unidades estão sobrepostas às rochas metamórficas do embasamento. A Formação Guabirotuba foi desig-

nada por BIGARELLA & SALAMUNI (1962) e detalhada por BECKER (1982) e SALAMUNI (1998). Sua área é de cerca de 3000 km². É composta por bancos pouco consolidados de argilas, arcósios, depósitos rudáceos (conglomeráticos) e de finos depósitos carbonáticos (caliches), bem como areias arcosianas e cascalhos. As camadas argilíticas e siltíticas, geralmente, são maciças, de coloração cinza a cinza esverdeada, e gradam para os termos mais grossos de forma interdigitada ou abrupta. Os depósitos rudáceos, geralmente, são oligomíticos com predominância de seixos de quartzo e são encontrados com frequência na borda da bacia de Curitiba. A espessura dos sedimentos varia de 1 a 85 m, cuja média é em torno de 40 m. Estruturalmente, os sedimentos são afetados por bandas e/ou zonas de cisalhamento rúpteis, com direções variadas, porém com tendências de orientação de planos para NE-SW e NW-SE. Estruturas maiores reativadas limitam a bacia de Curitiba, tendo sido denominadas de falha do Passaúna e falha da Serra do Mar Ocidental. A idade dos sedimentos é, possivelmente, oligomiocênica (SALAMUNI *et al.*, 1999). Em termos hidrogeológicos, a Formação Guabirotuba comporta-se como um aqueduto e apenas localmente em lentes arenosas e/ou arcosianas há um comportamento aquífero. Em geral, poços tubulares nessa formação são de produtividades bastante baixa ou, no máximo, temporariamente medianas. O embasamento da referida formação, no entanto, apresenta médias a altas produtividades onde ocorrem descontinuidades estruturais, independentemente da profundidade, comportando-se, no seu todo, como um aquífero fraturado.

4.1.3 Geomorfologia

Com largura entre 70 a 80 km o primeiro planalto tem como base do relevo rochas de origem cristalina (granitos e gnaisses), e na superfície encontra-se argilas e areias. Conforme descrito por MAACK (1968), o primeiro planalto é uma zona de eversão entre a Serra do Mar e a Escarpa ou “*cuesta*” Devoniana, e conservou-se como um platô regular que apenas na sua porção sul apresenta grandes extensões planas e suaves ondulações, ao contrário de sua parte Norte que expressa uma paisagem recente de elevações.

AB'SÁBER & BIGARELLA (1961), citados por SALAMUNI *et al.* (2004), reconheceram dois compartimentos geomorfológicos no primeiro planalto: (1) a Superfície Alto Iguaçu, correspondente à Superfície Sul-Americana, definida como “típica de pediplanação exorréica”, onde a elevação isostática do escudo permitiu a erosão e a abertura de um compartimento intermontano de eversão, comum posterior aplainamento, e (2) a Superfície de Curitiba, gerada por pediplanação predominantemente endorréica.

BIGARELLA *et al.* (1965) atribuíram às superfícies aplainadas do primeiro planalto do Paraná processos morfoclimáticos, com alternância de climas úmidos e secos.

AB'SÁBER (2003) cita que o primeiro planalto paranaense aloja a bacia pleistocênica de Curitiba e seu sistema de colinas, hoje totalmente ocupado pela capital e parte dos circunvizinhos, entre as coordenadas 49° 00' e 49° 35'W e 25° 20' e 25° 46'S. Apresenta altitudes entre 750 e 980 m e um relevo suavemente ondulado de morrotes do embasamento, em parte arrasados pela erosão, e também por sedimentos colúvio-aluvionares recentes.

O planalto de Curitiba encontra-se em um sítio geomorfológico peneplanáltico, resultante da erosão pré-triássica das rochas sedimentares da bacia do Paraná, que cobriam, anteriormente, esta região. Tal erosão deu-se em função de processos de denudação e dissecação locais, gerados tanto em função de movimentos isostáticos quanto de basculamento tectônico de blocos do embasamento cristalino (SALAMUNI *et al.*, 2004).

Do ponto de vista de superfícies erosionais, AB'SÁBER & BIGARELLA (1961), citado por SALAMUNI *et al.* (2004), reconheceram e conceituaram as seguintes para o planalto de Curitiba: Paleoplano pré-devoniano; Superfície do Purunã; Superfície do Alto Iguaçu; e Superfície de Curitiba. A superfície pré-devoniana é caracterizada como uma superfície fóssil da metade do Planalto Meridional Brasileiro, sendo a rigor um paleoplano que foi reduzido ao nível do mar e em seguida coberto pela transgressão marinha devoniana. A superfície do Purunã foi reconhecida no reverso da Escarpa Devoniana da Serrinha do Purunã a aproximadamente 1.200 metros de altitude, enquanto que a superfície do Alto Iguaçu é uma das mais aperfeiçoadas superfícies intermontanas do território paranaense, possuindo uma extensa porção trabalhada pelo recuo das cabeceiras do Alto Ribeira, ten-

do sido retalhada de tal forma, a ponto de constituir relevos montanhosos complexos do tipo “apalachiano”. Já a superfície de Curitiba, interplanáltica, é embutida em plano raso, no dorso da superfície do Alto Iguaçu e mais recente, possuindo sua base escavada na mesma.

4.1.4 Solos

No Planalto Cristalino de Curitiba ocorrem os Argissolos Vermelhos, os Cambissolos, os Latossolos Vermelhos e os Neossolos (PARANÁ, 1990¹).

Os tipos solos citados no presente trabalho seguem a descrição de EMBRAPA (2006). Assim, os Argissolos, em sua grande maioria, possuem um grande incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes. A transição entre o horizonte A e Bt é clara, abrupta ou gradual.

Os Cambissolos, devido à heterogeneidade do material de origem, do relevo e condições climáticas, variam muito de um local para outro.

Já os Latossolos são caracterizados pelo seu avançado grau de intemperização; são ditos solos muito evoluídos, como resultado de energéticas transformações do material constitutivo, e variam de fortemente a bem drenados, normalmente muito profundos.

Os Neossolos são constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, não apresentando alterações expressivas em relação ao material de origem.

Com espessura igual ou superior a 15 cm, os Gleissolos têm natureza mineral, sendo caracterizados pela prevalência do estado reduzido (redução do ferro) em todo o seu volume ou parte dele. É evidenciado por cores neutras e pela presença ou não de mosqueados, traduzindo a forte influência do lençol freático, o qual impõe baixas taxas de oxigênio livre.

4.1.5 Hidrografia

O primeiro planalto é banhado pelas bacias dos rios Iguaçu, ao sul, e Ribeira ao norte.

O rio Iguaçu tem suas nascentes localizadas na face meridional da Serra do Mar e, devido ao relevo com módicas quedas, desenvolveu meandros de curvaturas amplas com águas antigas e com extensas várzeas. Seus afluentes nesse Planalto são os rios Palmital e Atuba, situados a leste de Curitiba, e em sentido oeste os rios Barigui, Passaúna, Verde, It aqui, Tortuoso, das Mortes e dos Papagaios. (MAACK, 1981). A bacia do rio Ribeira, cujas nascentes estão no primeiro planalto, é também conformada por afluentes no estado de São Paulo, desaguando nesse território. Em território paranaense os principais rios dessa bacia são o Açungui, Ribeirinha, Turvo, Itapiraquera e Salto.

4.1.6 Clima

O clima de Curitiba, pela classificação de Köppen, é subtropical-úmido mesotérmico (Cfb), sem estação seca, com verões suaves e invernos relativamente frios. Em razão da proximidade do mar, há cerca de 110 km da capital, a maritimidade tem grande influência no clima local, sendo responsável por suavizar as ondas de frio do inverno e evitar dias de calor intenso no verão, além de tornar a cidade bastante úmida, uma vez que praticamente todos os dias a umidade relativa alcança pelo menos 90% no período noturno (DANNI-OLIVEIRA, 1999).

Como referência histórica, R. Maack em 1968 cita que o clima de Curitiba apresentava temperatura média anual de 16,5 °C, sendo o mês mais quente com 20,4 °C e o mês mais frio com 12,7 °C; o mês mais rico em chuvas sendo janeiro com 190,7 mm, e o mês mais pobre em chuvas sendo agosto, com 78,2 mm; a precipitação anual era de 1.451,8 mm. Atualmente o índice pluviométrico alcança 1.500mm em média por ano.

Dados climatológicos processados recentemente pelo INMET (2008) demonstram através das Normais climatológicas que a temperatura média anual é de 16,9 °C, com amplitude térmica anual de 8 °C. A temperatura média do mês mais frio (julho) é de 12,5 °C e do mês mais quente (fevereiro) de 20,6 °C.

Ainda conforme INMET (2008), as estações, embora marcadas por grandes variações

internas, possuem padrões: no verão, é comum haver 2 ou 3 ondas de calor, com sol e temperaturas oscilando entre 17/18 a 30/32 °C por um período aproximado de uma semana. Também ocorrem períodos mais frescos com temperaturas oscilando entre 11/15 a 21/24 °C, com céu encoberto. Entre esses dois períodos é comum haver dias que oscilam entre 16 a 26,5 °C, com sol garantindo o aquecimento diurno; chuvas e trovoadas ao fim da tarde fazem a temperatura estar na casa de 20 °C, e a infiltração oceânica promove manhãs e noites frescas. No outono-inverno é comum haver períodos de veranico, onde a temperatura diária varia mais, ficando normalmente entre 10 a 22 °C, mas podendo variar de 6 a 24 °C. Após o ano 2000, os veranicos podem durar menos de 1 semana e até um mês inteiro. Há também períodos de frio intenso promovido pela invasão consecutiva de frentes frias e massas polares. Esses períodos são marcados por 2 ou 3 dias de tempo nublado e frio, com temperaturas oscilando pouco, por volta de 5 a 14 graus durante todo o dia, dando lugar a dias de sol e frio, com temperaturas variando mais, abaixo de 1 °C à noite e ficando entre 11 e 16 °C à tarde. Esses períodos também são notavelmente ventosos. Em virtude da infiltração oceânica, o tempo pode nublar e a cidade ficar dias - por vezes semanas - abaixo de 18 ou 20 °C e com baixa incidência de radiação solar. Esses períodos são então quebrados por novas massas polares, que trazem novamente o sol e temperaturas mínimas menores ou por veranicos que aquecem o tempo. A primavera tende a ser amena, com temperaturas oscilando entre 11 a 23 °C, sempre com muitas nuvens baixas. Nas situações pré-frontais, contudo, a temperatura pode atingir 31 ou 32 °C em períodos isolados, logo antes de forte resfriamento, em que a temperatura normalmente baixa dos 10 ou 8 °C.

Segundo o SIMEPAR (2010) a temperatura mínima absoluta de Curitiba foi -6,0 °C em 18 de julho de 1975. Já, a temperatura máxima registrada pelo INMET 34,2 °C em 17 de novembro de 1985. MAACK (1968) relata o registro de -6,3 °C em Curitiba, em 14 de junho de 1920, porém, de acordo com COELHO & SONCIN (1982), a temperatura na cidade já chegou a -8,9 °C no século XIX, e as ocorrências de neve foram registradas oficialmente nos anos de 1889, 1892, 1912, 1928 (dois dias), 1943, 1955, 1957, 1963, 1975, 1981 e 1988.

4.1.7 Vegetação

O enquadramento fitogeográfico do planalto de Curitiba é de Estepe e de Floresta Ombrófila Mista (VELOSO & GÓES-FILHO, 1982; IBGE, 1992).

De acordo com as descrições realizadas por KLEIN & HATSCHBACH (1962) e MAACK (1981), originalmente o planalto de Curitiba era composto pelo seguinte conjunto de fitofisionomias:

- 1- As porções oeste e noroeste abrigavam densas florestas pinatifoliadas, nas quais as copas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, pinheiro-do-paraná, formavam uma cobertura contínua com alturas entre 25 e 30 m, sendo o subosque composto pelas espécies características da região do sul do Brasil: *Ocotea porosa* (Ness & C. Mart.) Barroso imbuia, expressiva no município de Rio Branco do Sul, *Ocotea pretiosa* (Nees) Mez sassafrás, abundante nos locais de Roseira, Guaraituba e Colônia Faria, hoje pertencentes ao município de Colombo, *Sloanea lasiocoma* K. Schum. sapopema, *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. tapiá e *A. triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg., *Mimosa scabrella* Benth. bracinga, *Cryptocarya aschersoniana* Mez canela-fogo, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees canela-sebo, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez canela-imbuia, *Cedrella fissilis* Vell. cedro, *Podocarpus lamberti* Klotzsch ex Endl. pinheiro-bravo, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. erva-mate, e *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg guabirobeira.
- 2- No leste, os vastos campos edáficos ou campos de inundação ocupavam a grande várzea do rio Iguaçu e seus afluentes, tais como Belém, Atuba, Palmital, Pequeno e Itaquí, assim como outros lugares baixos e sujeitos a inundações periódicas. Esse tipo de vegetação está relacionada às condições pedológicas, sendo *Andropogon virgatus* Desv. Ex Ham. a espécie de gramínea dominante, empregando uma uniformidade fitofisionômica à formação, sobretudo durante a época de floração, devido às inflorescências atingirem até 1 m de altura. Outra espécie com relevante expressividade é *Panicum subjunceum* Ekman, com inflorescências arroxeadas e

compridas contribuindo, no seu nível, para a fitofisionomia local. Também são observadas *Vernonanthura westiniana* (Less) H. Robinson (sin. *Vernonia westiniana* Less.) que ora se adensa em grandes grupos, ora se encontra como indivíduos isolados, *Tibouchina ursina* (Baill.) Cogn., de flores roxas e vistosas. Dentre as ciperáceas assumem papel de destaque em função de sua abundância *Rhynchospora emaciata* (Nees) Boeckeler e *R. tenuis* Willd. ex Link e *Fimbristylis dichotoma* (L.) Vahl, formadoras de densos tapetes, principalmente em locais permanentemente encharcados em solo com grande acidez. Nas áreas mais baixas do terreno, onde há estagnação da água por mais tempo, observam-se *Eryngium eburneum* Decne. e, nos locais onde a água é corrente, *E. lassauxii* Decne.

- 3- Na parte sul e nordeste predominavam, sobretudo, os campos naturais, os quais eram entremeados pelos capões de floresta com araucária. Originalmente com 1.740 km², os campos de Curitiba tinham um aspecto singular, caracterizando-se por extensas áreas de gramíneas baixas desprovidas de arbustos, sendo as espécies mais característica *Paspalum notatum* Alain ex Flüggé, *Andropogon tener* (Ness.) Kunth, *Panicum*, *Eragrostis* Wolf. Os campos constituíram a formação vegetal mais antiga no sul do Brasil, sendo que as florestas só se desenvolveram no término do Pleistoceno, fato documentado geologicamente por meio de depósitos de fanglomerados e incrustações do Quaternário antigo e dos solos existentes sob as florestas, conforme a tese defendida e aceita no XVIII Congresso Internacional de Geografia realizado no Rio de Janeiro em 1956. Os capões, com associações idênticas às das florestas, se desenvolveram em depressões úmidas ao redor das nascentes, com associação florística idêntica à floresta com araucária.
- 4- Os cursos dos rios e afluentes eram acompanhados pelas florestas de galeria, ou ripárias, formadas por um pequeno número de árvores de porte médio, dentre as quais se sobressaía, pela sua abundância, *Sebastiania commersoniana* (B.) L. B. Smith & R. J. Down branquilho. Conforme descrito por RODERJAN *et al.* (2002), fitogeograficamente as florestas ripárias no Primeiro Planalto paranaense se de-

envolvem às margens de rios que percorrem terrenos de geomorfia plana até suave-ondulada, não raro fazendo limite a várzeas (formações pioneiras) de extensão variável. Ainda, esse tipo de formação pode ter diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades simplificadas pelo grau de hidromorfia dos solos – Neossolos Flúvicos e Gleissolos –, onde *S. commersoniana* é a espécie mais característica, até associações mais complexas, em que *Araucaria angustifolia* tem participação expressiva na fisionomia. Destacam-se no dossel dessa formação *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. (Sapindaceae), *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg (Myrtaceae) e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke (Verbenaceae), sendo menos frequentes *Luehea divaricata* Mart., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.), *Erithryna crista-galli* L. (Fabaceae) e *Salix humboldtiana* Wild. (Salicaceae). Nos estratos inferiores é comum *Myrciaria tenella* (DC.) O. Berg, *Myrceugena euosma* (O. Berg) D. Legrand, *Calypttranthes concinna* DC., *Daphnopsis racemosa* Griseb. e *Psychotria carthagenensis* Jacq.

4.1.8 Aspectos Socioeconômicos

A Região Metropolitana de Curitiba, configurada por 26 municípios, reúne cerca de 20% da população do Estado, aproximadamente 3,2 milhões de habitantes, concentrada, sobretudo, na indústria e no setor terciário (IBGE, 2005).

A industrialização no estado do Paraná passou, no curso dos anos 70 e início da década de 80, por um acentuado processo de transformação, que se caracterizou pelo dinamismo e diversificação de seu Parque Industrial, principalmente pelas novas plantas instaladas na RMC (PARANÁ, 1990).

Aproximadamente metade das 150 maiores empresas do Estado está sediada na Região Metropolitana de Curitiba, como COPEL, HSBC, Cooperativa COAMO, Paraná Previdência, Kraft Foods, TIM Sul, SANEPAR, Audi, Renault, Volvo, Eletrolux e Petrobrás (IBGE,

2005).

De acordo com o censo do IBGE de 2005, Curitiba é o segundo município que mais exportou no Paraná em 2005 e o terceiro da região Sul. No ano de 2003 o PIB de Curitiba foi de R\$ 15,4 bilhões, ou seja, 16% do total do Estado. Aproximadamente 40% do PIB municipal é originado na indústria e o restante de atividades ligadas ao setor terciário.

Ainda, conforme o censo acima citado, Curitiba tem 1.757.904 habitantes, colocando-a em 7º. lugar entre as cidades mais populosas do Brasil.

As atividades agrícolas desenvolvidas no planalto de Curitiba não são intensivas, resumindo-se à produção de hortifrutigranjeiros com destino à própria Região Metropolitana. O setor econômico primário de Almirante Tamandaré destinou suas atividades principalmente para a lavoura, olericultura e avicultura. O setor industrial desenvolve intensamente a extração e beneficiamento de calcário, calcário dolomítico e caulim. Ainda, são explorados água mineral, argila, granito e migmatito. Almirante Tamandaré produz 40,74% do caulim, 28,75% do calcário dolomítico e 99,25% do migmatito do estado do Paraná (PARANÁ, 2008).

O município de Araucária é o pólo industrial e tecnológico da RMC (PARANÁ, 2008).

4.2 Dinâmica hídrica e qualidade da água

A água tem um papel central na maioria dos ecossistemas do planeta. A água é o meio para a recirculação da energia entre litosfera, biosfera e atmosfera, conhecida como Ciclo Hidrológico. A água contribui para a erosão e transporte de minerais, matéria orgânica e outras substâncias, sendo o meio para os processos bioquímicos acontecerem.

MAACK (1981), descrevendo a circulação da água após o corte da floresta, afirma que no início há um aumento na vazão das fontes, uma vez que as raízes das árvores não retêm a água, mas por ocasião das chuvas, a maior percentagem da água se escoia superficialmente, perdendo-se assim para a alimentação de água subterrânea. Em casos onde há a ausência da camada folhosa, pela derrubada da floresta, associada ao terreno inclinado, o per-

centual de escoamento da água advinda da precipitação, que dependendo da intensidade e duração, pode ultrapassar a 50%. Como consequência, os rios passam a conduzir enormes quantidades de água saturada de partículas de solo erodido, causando enchentes rápidas e de efeitos catastróficos. Logo, como não há mais uma trama de raízes da floresta que possibilite o armazenamento d'água para uma infiltração vagarosa, inicia-se uma lavagem intensa do solo, originando uma lixiviação e consequente empobrecimento em nutrientes. Considerando que o microclima, de imediato, será pouco afetado pela derrubada da floresta, a irregularidade nas precipitações será visivelmente notada em função do desaparecimento do sistema de evapotranspiração. Assim, a região dependerá somente então das chuvas trazidas pelo vento ou pelos ciclones migratórios; o percentual de evaporação do solo aumentará rapidamente com a insolação direta favorecendo o dessecamento e encrostação da superfície. Então, o ciclo biológico natural da água é perturbado e a provisão da água reduz-se a tal ponto que fontes centenárias secam e córregos e riachos transportam água turva com muita matéria em suspensão.

É através da alteração da qualidade da água de um rio que se pode estimar a integridade da bacia hidrográfica de origem (MARGALEF, 1983), ou seja, suas condições ambientais.

Estudos realizados por FILL *et al.* (2005) enfocando o balanço hídrico da bacia do rio Barigui concluíram que a capacidade de armazenamento da bacia é bastante limitada, conduzindo a um regime de escoamento no nível anual determinado pelas variações de precipitação.

Conforme FRITZSONS *et al.* (2003) o estudo da vazão é uma ferramenta importante na avaliação da alteração da qualidade de um corpo de água.

DA SILVA & SACOMANI (2001) afirmam que os rios que recebem efluentes de áreas rurais e urbanas tendem a que a qualidade da água piore com a estiagem pela diminuição da vazão, consequentemente pelo arrefecimento do efeito de diluição, pela concentração de poluentes.

A qualidade da água de qualquer rio está intimamente relacionada à integridade da sua vegetação ripária, as quais constituem zonas de amortecimento dos impactos sobre os re-

cursos hídricos (LOWRANCE *et al.*, 1995; PINAY & DECAMPS, 1998; EHRENFELD & SCHNEIDER, 1993) diminuindo a velocidade de escoamento superficial, favorecendo a infiltração da água das chuvas e constituindo uma barreira química e física para poluentes e solo que são carregados encosta abaixo. Logo, as áreas de amortecimento em cursos d'água urbanos contribuem para a qualidade da água e controle de inundações. Assim, essas áreas devem ser priorizadas com o objetivo principal do equilíbrio sustentável do ambiente (BRINSON & VERHOEVEN, 1999). Isto significa que a gestão deste recurso deve considerar tanto os fatores que o afetam bem como as suas inter-relações sistêmicas. Por isso, a gestão dos recursos hídricos deve ser executada de forma integrada aos demais recursos naturais presentes, especialmente a vegetação e solo, dos quais depende. A gestão de qualquer curso d'água só se torna possível com a delimitação de unidades territoriais circunscritas e controladas pelo fluxo da água, conhecidas como bacias hidrográficas.

4.2.1 Bacias hidrográficas

A evolução natural das bacias naturais começa seja pela elevação da terra devido às colisões entre placas tectônicas ou pela ação vulcânica. A precipitação da chuva que cai nas áreas elevadas tende a se movimentar na superfície da terra ou sob ela, rumo aos oceanos por força da gravidade. A água superficial tende a se movimentar ao longo das áreas mais baixas, em linhas de drenagem determinadas pelas irregularidades do terreno. Estas feições de drenagem tenderão a se ampliar e aprofundar pelo efeito da erosão hídrica até formarem córregos e rios. Da mesma forma, na medida em que estes canais vão se formando, as encostas são submetidas à erosão e o material liberado pela mesma é levado mais e mais longe pelo fluxo d'água ao longo das redes de drenagem. Como esta erosão é maior nas áreas mais baixas, próximas das drenagens, as regiões intermediárias entre canais tendem-se a manter mais elevadas, fazendo o papel de divisas, ou divisores de águas, delimitando assim bacias hidrográficas, que convergem em uma saída comum até chegarem ao oceano (JONES, 1997).

Na medida em que as bacias hidrográficas foram se formando, os materiais carreados pela água superficial transformaram-se em insumos vitais para a vida, que passa a formar parte dessas unidades territoriais incluindo novos fluxos e processos ao sistema, como no caso da vegetação, que ao se integrar passou a ser fundamental no armazenamento da água e removendo CO₂ da atmosfera (FRANKLIN, 1992).

Por isso, o manejo adequado dos recursos hídricos requer o entendimento da circulação da água e da sua interação com recursos naturais e processos antropogênicos (DUNNE *et al.*, 1978).

Da mesma forma, os aquíferos subterrâneos também são sistemas de fluxo complexo, sendo afetados da mesma maneira que a água superficial pela ação antrópica (DOHERTY *et al.*, 1992).

Uma das primeiras citações da necessidade da integração da ocupação humana de uma forma integrada e harmônica foi escrita por John W. Powell em 1869: *“é uma área de território, um sistema hidrológico restrito dentro do qual todos os seres vivos estão ligados de forma inextricável por um curso d'água comum e onde, na medida em que os humanos forem se assentando, a lógica demanda que se integrem como parte daquela comunidade de seres vivos”*.

Naturalmente, na maioria dos solos a capacidade de infiltração excede os mais elevados níveis de precipitação na área onde ocorrem (JONES, 1997). Usualmente, o risco de erosão hídrica é limitado a algumas áreas da bacia, sendo pouco alteradas em condições normais de pluviosidade. Por isso, em bacias bem drenadas o *runoff* acontece quando os solos ficam saturados e a água infiltrada volta à superfície em áreas perto de cursos d'água ou côncavas (WELLS *et al.*, 1998). Quando as bacias hidrográficas são ocupadas de forma inadequada, alterando significativamente os padrões de infiltração e drenagem, os riscos de erosão, assoreamento e inundações aumentam.

Como já identificado no trabalho pioneiro de SCHIEL (1936) em ecossistemas urbanos, ainda que os cursos d'água naturalmente sofram processos de erosão e deposição, essas mudanças são grandemente intensificadas pela ação antrópica, resultando em um aumento

exponencial dos processos erosivos e de assoreamento, acrescido de contaminantes que dificultam a vida aquática.

Ainda, a impermeabilização das drenagens e encostas pela construção de infraestruturas e calçamentos leva ao aumento do volume de água diretamente descarregado nos rios, aumentando a energia de carreamento da água, levando ao desaparecimento de bancos de areia e ilhas sedimentares, usualmente utilizados pela vida aquática para reprodução e alimentação (BROWN, 2000). Ou seja, na medida em que a ocupação urbana de uma bacia aumenta, a integridade ecológica dos cursos d'água diminui (DREHER, 1996), sendo usual que bacias com mais de 15% de impermeabilização tenham um desaparecimento significativo da vida aquática (MOORE *et al.*, 1998).

As bacias hidrográficas urbanas que recebem grande volume de água subitamente são susceptíveis a inundação (BROWN, 2000), a erosão de fundos de vale e ao desmoronamento de encostas, o que induz usualmente planejadores urbanos com visão puramente orientada à engenharia hidráulica a construir estruturas de concreto para diminuir a dinâmica hídrica, ou seja, concretar as encostas e canalizar segmentos dos cursos d'água, o que acaba com a estrutura e as funções ecológicas daquelas drenagens, destruindo definitivamente a capacidade de autorregulação do ecossistema da bacia (RILEY, 1998).

Por isso, o entendimento dos mecanismos de fluxo hidrológico em uma bacia é fundamental para avaliar a forma em que os diferentes tipos de atividades antrópicas afetam os solos, induzindo processos erosivos, assoreamento e inundação, causando impactos cumulativos na vida aquática, flora e fauna terrestre, assim como no suprimento de água para consumo humano (DOHERTY *et al.*, 1992).

Ainda, em áreas rurais e suburbanas das regiões metropolitanas das grandes cidades, onde existe predominância de atividades agrícolas intensivas como a horticultura e a fruticultura, a eliminação indiscriminada da vegetação resulta no declínio da fertilidade do solo pela perda de nutrientes, redução na evapotranspiração e na diminuição da capacidade de armazenamento de água nos solos. Assim, a água das chuvas não consegue ser infiltrada nos solos e se perde na forma de *runoff*, promovendo mais erosão e perda de mais

material edáfico, assoreamento dos cursos d'água e consequente aumento de áreas sujeitas à inundação, impactando as regiões urbanizadas ribeirinhas estabelecias a jusante na bacia. Dessa forma, a quantidade d'água disponível para o funcionamento ecossistêmico é cada vez menor e assim como para atender as necessidades humanas como evidenciado no fluxograma da figura 2.

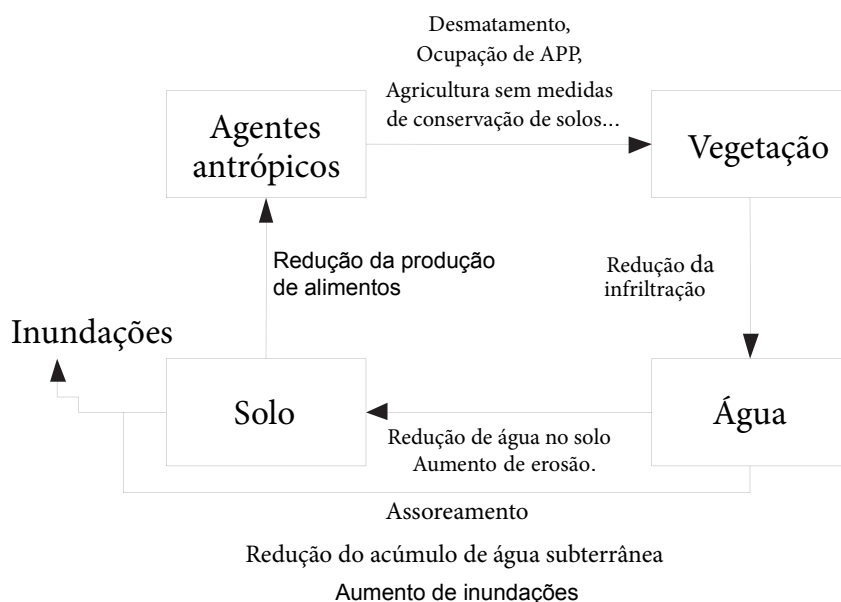


Figura 2 Ciclo vicioso existente entre tipos de atividade antrópica em bacias hidrográficas, resultando na degradação dos solos, no aumento da erosão e na incidência de inundações. Para compensar a perda de área produtiva, novas áreas são abertas à ocupação (adaptado de DOHERTY *et al.*, 1992).

4.2.2 A situação dos recursos hídricos no mundo

O Relatório do Desenvolvimento Mundial de Água de Nações Unidas, publicado por UNESCO (2009), conclui que é necessária uma ação urgente para evitar uma crise global por déficit de água.

Apesar dos dados alarmantes, ainda existe muita água doce no mundo e, visto globalmente, os humanos ainda não chegam a utilizar quantidades como para por em risco a vida no planeta. Em 2000, a maioria dos países (com exceção do Oriente Médio) utilizava

menos de 9% desse recurso, sendo que na América do Sul extraía-se menos de 6% da água para uso humano (UNESCO, 2009). Por isso, NAÇÕES UNIDAS (2001) concluíram que os problemas de suprimento de água devem-se, em grande parte, a problemas de gestão irracional e desperdício, da contaminação e destruição de nascentes, zonas ripárias e áreas inundáveis. Na tabela 1 apresenta-se um quadro sintético do uso da água no mundo, conforme o Relatório do Desenvolvimento Mundial da Água de Nações Unidas de 2000.

Tabela 1 Recursos hídricos e extração de água mundial por ano (UNWDR, 2000).

	Recursos Hídricos Renováveis (km ³)	Recursos Hídricos Extraídos		
		Total (km ³)	% dos Recursos Hídricos Renováveis (km ³)	Por Pessoa (m ³)
África	3.936,00	217,00		
Ásia	13.297,00	2.404,00	18,10	644,00
Europa	6.603,00	418,00	6,40	574,00
América do Norte	6.253,00	525,00	8,40	1.664,00
América do Sul e Caribe	13.570,00	265,00	2,00	507,00
Mundo	43.659,00	3.829,00	8,80	626,00

Entretanto, o teto máximo de extração pode variar significativamente entre regiões, já que não existem pesquisas conclusivas que determinem quanta água pode-se extrair da natureza para uso humano sem afetar o ciclo hidrológico e a biosfera, o que também depende de quanta água é devolvida ao sistema em condições ambientalmente apropriadas. Em muitos lugares esse teto pode estar no entorno de 20%, já atingido em diversas regiões da Ásia. Por isso, em vários lugares do planeta, o excesso na extração tem causado que grandes rios não mais cheguem ao oceano, como é o caso dos rios Indo e Amarelo, dentre outros.

De acordo com WWAP (2006), as populações de peixes de rios e lagos no mundo têm declinado em média 30% desde 1970, o que mostra uma diminuição muito maior que as de animais nas florestas tropicais e savanas. Esse dado é alarmante, sendo que o recurso pesqueiro é base de fonte de proteína para muitos povos no planeta.

Ainda, metade das áreas inundáveis do mundo foi drenada ou danificada pela ação

humana no século XX, seja pela destruição de habitats em favor a atividades agrícolas, pecuárias e de extrativismo predatório (madeira, areia, metais e pedras preciosas, dentre outros), seja pela contaminação com dejetos domésticos e industriais em áreas urbanas.

Para entender mais claramente esse processo de degradação causado pelo homem, podem ser identificados três grandes fatores no aumento da pressão sobre os recursos hídricos e ecossistemas associados:

1. A explosão demográfica: nos últimos 50 anos a população planetária passou de 3 bilhões para 6,5 bilhões, sendo que o uso da água triplicou no mesmo período (Figura 3). Pelas estimativas atuais, de acordo com UNFPA (2007), a população mundial crescerá mais 2,5 bilhões até 2025, acrescidos de 3 bilhões até 2050⁶, com um aumento na demanda por água significativamente maior que a atualmente existente, na medida em que a qualidade de vida da população também aumente, o que levará a mudanças nos hábitos alimentares e de higiene, adotando práticas que demandem maior consumo de água. Considerando o último Relatório do Desenvolvimento Mundial da Água de Na-

-
- 6 A pressão populacional sobre os recursos naturais leva a uma diminuição da qualidade de vida pela diminuição da disponibilidade de alimentos e matérias primas e pelo impacto da presença dessa população nos ecossistemas. A capacidade de carga da Terra em bases sustentáveis é finita e está calculada em aproximadamente 11,5 bilhões de indivíduos, valor a ser atingido em pouco mais de 100 anos segundo a UNITED NATIONS POPULATION DIVISION (1998). Este nível populacional é o teto teórico máximo aceito pela maioria dos pesquisadores mundiais, dentro do qual ainda seria possível proteger os ativos ambientais do Planeta para as futuras gerações (MADER, 2000). Evidentemente, esta densidade varia entre regiões e localidades, dependendo da disponibilidade de recursos e da sua resiliência *vis a vis* os impactos causados pelas diferentes formas de ocupação e uso desses recursos exercidos pelo homem. No Brasil esta consideração é particularmente significativa dada à grande fragilidade da maioria dos ecossistemas considerando os padrões produtivos agrícolas e de ocupação urbana no País.

Em ecologia, uma lei inflexível é o fato de que o equilíbrio estável (regulação natural) das populações de seres vivos é determinado pela capacidade de carga do ambiente onde habitam. No entanto, em se tratando da espécie humana, as formas naturais de estabilização de populações podem significar o holocausto humano decorrente do ambiental em proporções planetárias, cujas consequências poderão se irreversíveis ou com impactos de muito longo prazo.

ções Unidas, publicado por UNESCO (2009), atualmente a agricultura mundial consome 75-80% da água doce extraída pelo homem da natureza; a indústria menos de 20% e o consumo doméstico menos de 10%.

Ou seja, a tecnologia agrícola e a variação na demanda de diferentes tipos de alimentos serão os fatores que determinarão o futuro do consumo de água no mundo.

2. A demanda de água na produção de alimentos: por exemplo, a produção de um quilo de trigo requer 1000 litros de água, sendo que para produzir um quilo de carne bovina estão necessários 15000 litros de água. Por isso, na medida em que as dietas dos povos do Terceiro Mundo se aproximem àquelas dos países desenvolvidos graças ao aumento da capacidade de consumo da população, a produção agropecuária exigirá exponencialmente mais água, na medida em que esse aumento na qualidade do consumo leve a mudanças na dieta, que sempre tende a incrementar o consumo de carne, principalmente bovina. Dadas as suas implicações pelos números demográficos envolvidos, um exemplo significativo dessa situação é o do aumento desse consumo de carne bovina na China, que aumentou de uma média de 20 kg em 1985 para 50 kg em 2008. Esta variação significou um aumento mundial no uso da água similar ao consumo total de água potável de toda a população da Europa (UNESCO, 2009).

Ainda, como a maioria dos integrantes desses 2,5 bilhões de seres humanos que serão acrescidos à população mundial até 2025 são do Terceiro Mundo, a demanda por água será impactada de forma muito maior, para a qual ainda não existem números definitivos. Essa população que atualmente tem índices de consumo rurais terceiro-mundistas, além de estar aumentando seus níveis e exigências de consumo, está migrando para os centros urbanos, mudando tanto a quantidade como a forma em que exerce a sua demanda por água e alimentos, atingindo patamares próximos aos níveis do mundo desenvolvido, o que levará o mundo a uma situação de alarmante insustentabilidade que pode afetar o equilíbrio da biosfera (UNESCO, 2009).

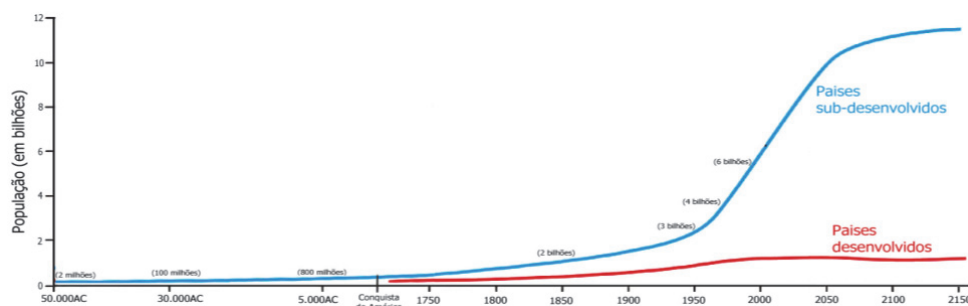


Figura 3 Evolução da população mundial (gráfico gerado a partir de dados de UNFPA, 2007, UN-HABITAT, 2003 e MADER, 2000).

- UNFPA (2007) estimou que em 2009, pela primeira vez na história, mais da metade da população mundial estaria localizada em áreas urbanas, sendo que pelas estatísticas da UN-HABITAT (2003), em 2001 aproximadamente 32% das populações humanas estava concentrado em favelas do Terceiro Mundo, sem qualquer serviço de água potável ou esgoto.

FAO (2003) considera que, sem mudanças tecnológicas que aumentem a eficiência do uso da água na produção agrícola, o mundo vai exigir aproximadamente 60% mais de água para produzir alimentos para esse mais 2,5 bilhões de novos habitantes. Este aumento corresponde a aproximadamente 1500km³ de água, o equivalente ao consumo atual no mundo, com exceção da Ásia. Ainda, se a produção agrícola for somente local, não importando qual a cultura, e tampouco forem aproveitadas as vantagens naturais comparativas para a produção agrícola em cada região do mundo, ao contrário do que hoje determina o comércio internacional, a demanda por água para irrigação pode ser ainda maior, já que para produzir certas culturas é necessário muito mais água em algumas regiões do que em outras. Uma análise comparativa feita por HOEKSTRA & CHAPAGAIN (2006) dessa situação é apresentada no gráfico a seguir (Figura 4).

- A mudança climática mundial: existem evidências de que este fator está acelerando o ciclo hidrológico, ou seja, a velocidade em que a água evapora e cai na forma de chuva ou neve. Esta tendência faz com que as regiões úmidas fiquem mais úmidas, e as secas mais secas, trazendo também períodos mais longos de seca entre períodos de chuvas

mais intensas (UNESCO, 2009).

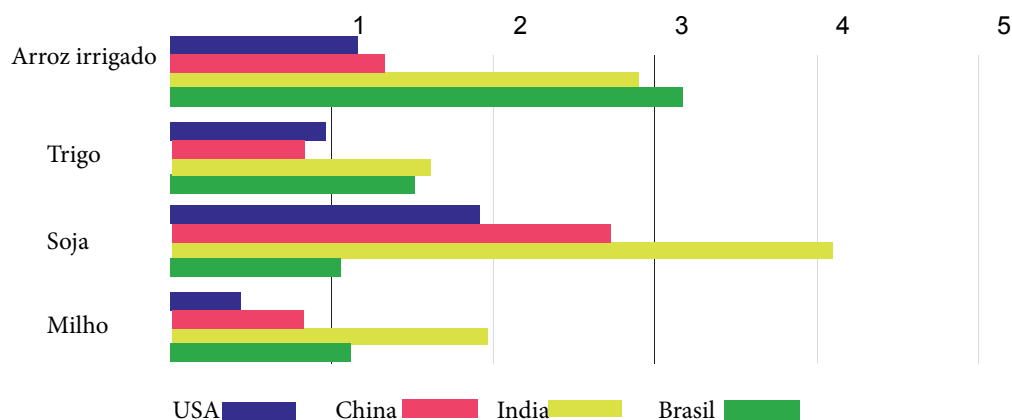


Figura 4 Média requerida para produzir culturas em quatro países (1000 m³/tonelada) (HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2006).

As mudanças climáticas têm incentivado diversos governos, como os USA, a subsidiar a produção de biocombustíveis, com culturas exigentes em água, em regiões carentes de suficiente disponibilidade deste recurso, penalizando, também, a produção de alimentos. Atualmente, cerca de 2% da água irrigada é utilizada para a produção de biocombustíveis. No entanto, se todos os países adotassem esse tipo de políticas de subsídios, prevê-se que este volume possa aumentar para 8%. Essa quantia deveria ser somada ao consumo direto daqueles 2,5 bilhões de habitantes que serão acrescentados à população mundial até 2025 (UNESCO, 2009).

Ainda que, segundo a mesma fonte acima citada, as análises atuais indiquem haver a possibilidade de acontecerem conflitos diplomáticos e armados no futuro pelo controle dos recursos hídricos, já existem exemplos bastante ilustrativos tanto da fragilidade dos setores mais desfavorecidos com relação ao acesso aos recursos hídricos, como da crescente preocupação das populações mais esclarecidas com relação ao controle e conservação tanto da água como dos ecossistemas associados a sua manutenção. Assim, são abaixo apresentados três exemplos de conflitos atuais nessa área, que servem de referencial para o entendimento da necessidade de educar e envolver a população no gerenciamento dos re-

cursos hídricos e, de forma mais abrangente, da gestão ambiental em cada região:

1. A “*Guerra da Água de Cochabamba*” em 2000. Por exigência do Banco Mundial, foi realizada a privatização do abastecimento de água nas principais cidades da Bolívia, com a justificativa de que “governos pobres amiúde são contaminados por corrupção e falta de equipamentos para oferecer serviços públicos...”, como condição à renovação de um empréstimo de 25 milhões de dólares (BANCO MUNDIAL, 2000).

Para atender essa exigência, o governo boliviano aprovou a Lei 2029/2000, sem a consideração às necessidades e especificidades da sociedade camponesa boliviana, com fortes raízes indígenas e extrema pobreza. Essa lei, além do controle das tarifas cobradas, permitia que as concessionárias cobrassem pela água fornecida pelos sistemas comunitários independentes (construídos em regime de *ayllu*, ou seja, com trabalho comunitário da própria população, sem participação do Estado), pela água para irrigação e até pelas captações de água das chuvas tradicionalmente construídos nos tetos das casas. Assim, a população indígena organizou protestos e greves, inicialmente na cidade de Cochabamba, e que pela sua crescente extensão e intensidade obrigaram ao governo a decretar o Estado de Sítio e a envolver o exército no controle daquelas manifestações, causando a morte de vários participantes. Dada à imensa pressão popular, a lei foi modificada e as concessões canceladas.

2. O “*Plebiscito da Água*” no Uruguai, em 2004. Este plebiscito aconteceu em resposta a pressões similares ao caso da Bolívia, pelo qual, em 2002, o então governo vigente estabelecia a privatização dos serviços de água e esgoto como uma das metas exigidas do país, como condição para a renegociação de sua dívida externa. O resultado contrário à privatização nesse plebiscito popular foi consequência do impacto social, econômico e ambiental já no primeiro ano da gestão privada da água.

O plebiscito levou à modificação da Constituição do País, proibindo a privatização dos recursos hídricos, passando a ser considerados “direito humano fundamental”, sendo exigida a sua “gestão pública participativa e sustentável”.

3. O golpe de Estado de março de 2009 em Madagascar. Na edição de 8 de abril de 2008, THE ECONOMIST apresenta um artigo intitulado “*Sin aqua non*” (sem água não), relatando que o sucesso do Golpe de Estado, de origem civil, deveu-se ao apoio da população descontente com um contrato assinado pelo governo constitucional, o qual alugou perto de 50% do território do país ao conglomerado *Daewoo* para a produção de grãos, exclusivamente para exportação para a Coreia do Sul, onde existe uma crônica escassez de água para a produção agrícola.

Esse contrato não contemplava qualquer compensação para a população local. Esta situação, devido ao descontentamento generalizado, promoveu a troca do governo.

A primeira medida do novo governo foi o cancelamento do referido contrato.

4.2.3 A situação dos recursos hídricos no Brasil

No Brasil, o setor de irrigação possui a maior parcela de vazão de retirada (47% do total). Verifica-se que, na demanda para o abastecimento urbano são reservados 26% do total, 17% para indústria, 8% para dessedentação animal e apenas 2% para abastecimento rural. No gráfico apresentado na figura 5 apresenta-se a distribuição das demandas de consumo segundo usos nas diferentes regiões hidrográficas do país (ANA, 2009).

Considerando a distribuição dos recursos hídricos no Brasil, 68% encontram-se na região Norte e só 5% na região Sul (ANA, 2007), o que demonstra uma assimetria significativa se comparada com a distribuição da densidade demográfica, que determina que 38% da demanda por irrigação estejam localizados na região Sul do país. No gráfico a seguir também se evidencia que a bacia do rio Paraná tem a maior vazão de retirada de água do País, com quase 500m³/s.

Da mesma forma, o Brasil é considerado rico em termos de vazão média por habitante, com cerca de 33.000m³/habitante/ano, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. A região Amazônica, por exemplo, detém 74% dos recursos hídricos superficiais e é habitada por menos de 5% da população brasileira (ANA, 2007).

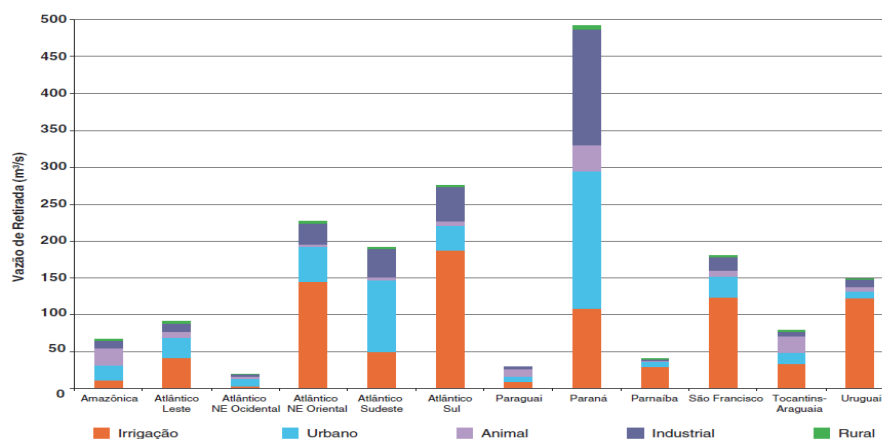


Figura 5 Distribuição das demandas consuntivas segundo os diferentes usos, por região hidrográfica (ANA, 2009).

A figura 6 apresenta a relação demanda/disponibilidade de água dos cursos d'água das regiões hidrográficas do Paraná, Atlântico Sudeste, do Uruguai e Atlântico Sul (ANA, 2009).



Figura 6 Relação demanda/disponibilidade dos principais trechos de rios das regiões hidrográficas do Paraná, Atlântico Sudeste, do Uruguai e Atlântico Sul (ANA, 2009).

A figura 7, complementando o panorama da demanda acima demonstrado, apresenta um gráfico da ANA (2009) com os volumes estimados de esgoto produzido, coletado e

tratado por região hidrográfica no País. Naquele gráfico evidencia-se a grande defasagem que existe entre o esgoto produzido, que representa perto de $10.000.000 \times 1000\text{m}^3/\text{ano}$, e o realmente tratado, que atinge os $2.500.000 \times 1000\text{m}^3/\text{ano}$, ou seja, apenas 25% aproximadamente do esgoto têm destinação adequada, sendo que na região hidrográfica do rio Paraná a proporção é aproximadamente a mesma.

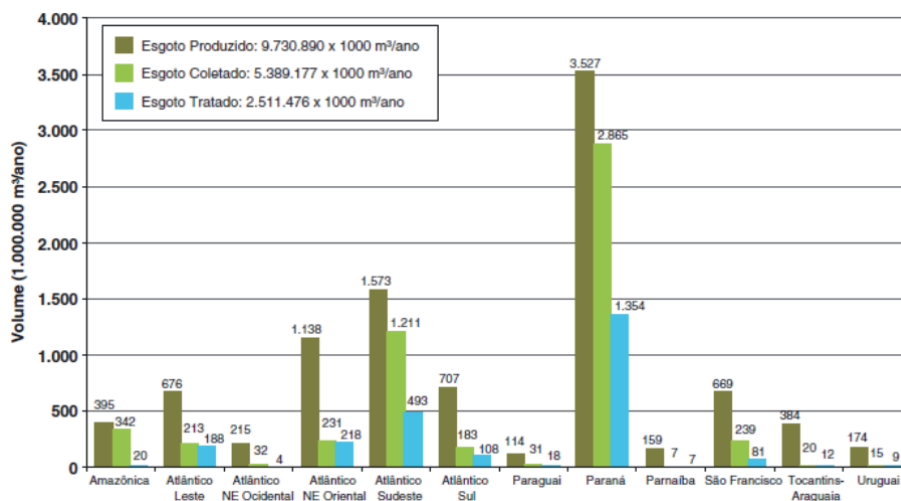


Figura 7 Volumes de esgoto por região hidrográfica (ANA, 2009).

4.3 Legislação

4.3.1 Quanto a recursos hídricos

A água é um recurso natural essencial à manutenção de qualquer tipo de vida no Planeta. A manutenção da adequada qualidade das águas, como a obrigação de restaurar a qualidade do meio hídrico, é um dever de qualquer pessoa e do Poder Público. Poluir as águas não pode ser entendido como uma opção aceitável, mas como uma atividade ilícita (MACHADO, 1995).

É de longa data que a legislação federal regulamenta o uso e a proteção dos corpos hídricos no Brasil. O Decreto nº. 24.643, de 10 de julho de 1934, instituiu o Código de Águas, o qual sofreu inúmeras alterações até a atualidade.

Também outros diplomas legais de proteção dos recursos hídricos podem ser citados no

âmbito nacional: Decreto 23777/34, dispõe sobre o lançamento de resíduos industriais em águas fluviais; Lei 3824/60, torna obrigatória a destoca e a consequente limpeza das bacias hidráulicas, dos açudes, represas ou lagos artificiais; Decreto 50877/61, dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos em águas; Portaria MINTER 013/76, classifica as águas interiores do território nacional; Resolução CONAMA 375/2005, estabelece a classificação e destino de uso das águas em doce, salobras e salinas do território nacional; Lei 7754/89, estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios.

Como sinal da modernidade social e legislativa, os recursos hídricos são considerados na Constituição Federal de 1988 em seu Artigo 20º., inciso III. Em seu Artigo 23º., inciso VI e XI, onde é estabelecido que: é competência comum da União, estados e municípios, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, bem como registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos.

Em 1997 a Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, com os seguintes fundamentos:

1. A água é um bem de domínio público;
2. A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
3. Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
4. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
5. A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
6. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Ainda, são objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

1. Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em

padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

2. A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
3. A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Ainda, a lei supracitada cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Artigo 21º. da Constituição Federal e altera o artigo 1º. da Lei nº. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

O estado do Paraná, através da Lei nº. 12726 de 26 de novembro de 1999 institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, a qual aplica os mesmos preceitos da legislação federal, e cria o Sistema Estadual de gerenciamento de Recursos Hídricos.

4.3.2 Quanto à vegetação ripária

Quanto à legislação federal, as florestas nativas ou naturais, enquanto bens jurídicos ambientais, de natureza difusa, são “bens de interesse comum a todos os habitantes do País”, não sendo bens privados, nem públicos, nem bens de uso comum do povo (AHRENS, 2003).

Muito embora, historicamente, especificamente as florestas ripárias não estejam explicitamente referenciadas no primeiro Código Florestal Brasileiro, Decreto 23.793, de 23 de janeiro de 1934, elas são sim parte constituinte das “florestas... e demais formas de vegetação” citadas em seu Artigo 2º., o qual às aplica os dispositivos desse Código como objeto de proteção legal, ainda que no referido instrumento legal possamos entender que, em seu Artigo 3º., as florestas ripárias estão compreendidas nas florestas classificadas como protetoras, as quais no Artigo 4º. têm os seguintes fins: a) conservar o *regime das águas*; b) evitar a erosão das terras pela *ação dos agentes naturais*; ... e) assegurar condições de salubridade publica;... g) asilar *espécimes* raros de fauna *indígena*.

Ainda, apesar de o termo 'floresta ripária' ou 'ciliar' não estar explícito na referida lei, não se pode dizer que este tipo de vegetação não tenha sido objeto legal de proteção, como argumento para justificar o atual estado de sua degradação, uma vez que no artigo 83 há a determinação de que qualquer ação de dano às florestas protetoras é considerada crime florestal, estabelecendo em seu inciso 'c' a pena de detenção e multa.

Foi então que o chamado 'novo' Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei 4.771 em 15 de setembro de 1965, define em seu Artigo 2º. as áreas de preservação permanente, como aquelas florestas e demais formas de vegetação natural, situadas: a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº. 7.803 de 18.7.1989); de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura; ... Em seu parágrafo único, o referido artigo estabelece que: no caso de áreas urbanas, assim entendidas aquelas compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.

Quanto à supressão desse tipo de vegetação, o Código Florestal em seu Artigo 4º. , no Parágrafo 1º. , determina que ela somente possa ser realizada, total ou parcial, se houver prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.

Também como instrumento legal atual a Resolução 302/02 CONAMA regulamenta o

Artigo 2º. da Lei n º 4.771/65, no que concerne às áreas de preservação permanente no entorno dos reservatórios artificiais, uma vez que é função ambiental das Áreas de Preservação Permanente de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

De acordo com a Lei Nº 11.054, de 11 de janeiro de 1995, Lei Florestal do Estado do Paraná, as áreas de preservação permanente, aqui compreendidas as florestas ripárias, assume o mesmo entendimento que aquele estabelecido no Código Florestal Brasileiro. Logo, o Parágrafo 1º. do Artigo 6º. estabelece que a autoridade florestal estadual crie mecanismos e estimule a recomposição das áreas de preservação permanente atualmente degradadas ou sem cobertura vegetal.

Em nível municipal, Curitiba através da Lei 9.805 de 3 de janeiro de 2000 cria o Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário Ambiental, que tem por objeto incentivar e garantir o uso adequado das faixas de drenagem, bem como a manutenção das faixas de preservação permanente, visando o bom escoamento das águas superficiais, recuperação da floresta ciliar e a minimização dos problemas de enchente. Este instrumento legal, em seu Artigo 2 º., aplica-se aos espaços ao longo dos rios, córregos e arroios, compreendendo as faixas de preservação permanente e áreas contíguas, estas destinadas a implantação de sistema de circulação de veículos e pedestres, unidades de conservação ou áreas de uso público, de acordo com projetos específicos. Para o rio Barigui, conforme o inciso I, o Anel compreende: a) faixa de 200m (duzentos metros), a partir da margem, no trecho compreendido a partir da confluência com o rio Iguaçu até a PR-476 (Rodovia do Xisto); b) faixa de 100m (cem metros), para cada lado do rio a partir da margem, no trecho compreendido a partir da PR-476 até a rua Desembargador Cid Campelo; c) faixa de 85m (oitenta e cinco metros), para cada lado do rio, a partir da margem, no trecho compreendido a partir da rua Desembargador Cid Campelo até a divisa norte do município; d) faixa de 100 (cem metros), a partir da margem, quando o rio torna-se divisa do município de Curitiba com os municípios de Almirante Tamandaré e Campo Magro até a PR-282;

4.4 Unidades de Conservação na bacia do rio Barigui

Abaixo, a tabela 2 apresenta as Unidades de Conservação existentes na bacia do rio Barigui.

Tabela 2 Unidades de Conservação da bacia do rio Barigui.

Nome	Data de criação	Decreto de criação
Bosque São Cristóvão		s/decreto
Bosque da Fazendinha	28/05/97	602/97
Bosque do Trabalhador		s/decreto
Parque dos Tropeiros	29/09/95	848/95
Parque Diadema	29/09/95	848/95
Parque Barigui	05/05/94	252/94
Parque Tanguá	28/05/97	602/97
Parque Tingui	28/05/97	602/97
APA Municipal do Iguaçu	04/05/00	192/00

O total de área compreendida por essas Unidades de Conservação é de 528,76ha. Dentre elas assume papel de destaque o Parque Barigui, inaugurado em 1972, compondo uma área de 140 ha. É sem dúvida um dos parques municipais mais frequentados pelos curitibanos, principalmente nos finais de semana quando se torna ponto de encontro e diversão para pessoas de todas as idades.

Ainda, uma área denominada como Zona de Contenção é, para efeitos das análises dessa tese, considerada também uma unidade de conservação.

O *layer* de Unidades de Conservação, apresentado na figura 8, resultou da consolidação de dados fornecidos por COMEC e SUDERHSA.

O Parque Tanguá, com uma área de 23,5 ha, foi criado com o propósito de garantir a preservação das margens do rio Barigui, assim como o Parque Tingui, localizado ao lado direito do rio Barigui, com 380 mil metros quadrados foi inaugurado em 1994. Nesses parques existem lagos artificiais com a dupla função de conter as águas das chuvas e contribuir para a sua própria oxigenação, fundamental para a manutenção da vida aquática do rio.

Contudo, tais unidades de conservação municipais, sob a óptica do planejamento conservacionista, funcionam como instrumentos isolados, concentrados na porção inferior da bacia, gerando assim insuficientes benefícios à bacia como um todo.

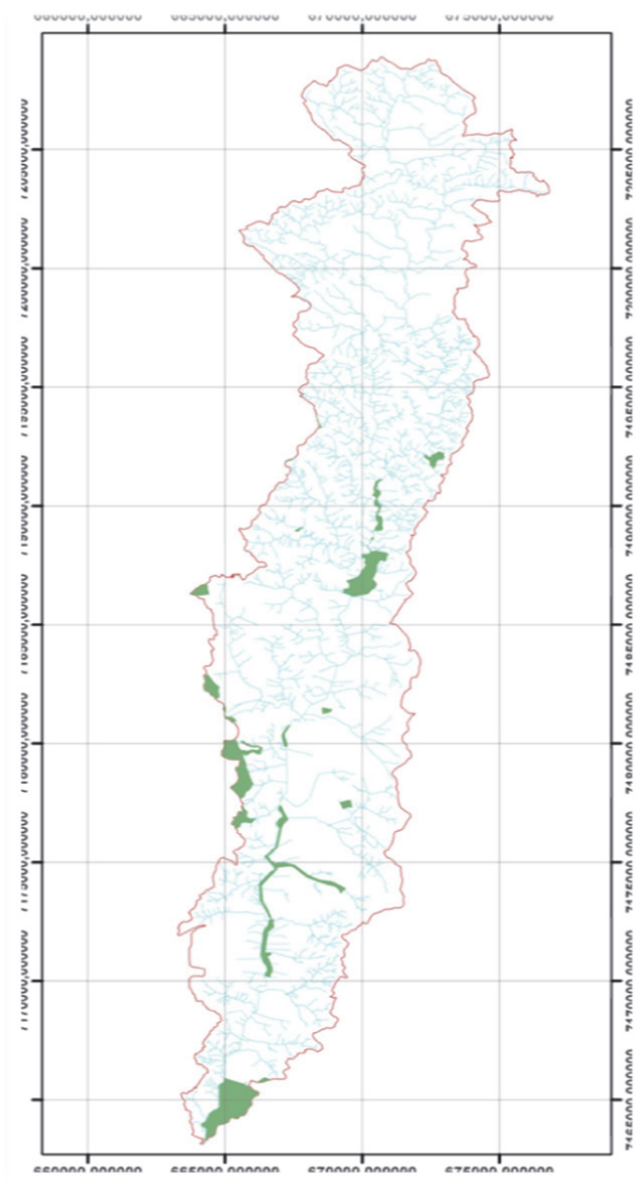


Figura 8 Localização das Unidades de Conservação da bacia do rio Barigui.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho utiliza ferramentas espaciais e de avaliação ecológica com métodos de análise de planejamento territorial e impacto ambiental, considerando estruturas sócio-políticas, legais e culturais da ocupação e do uso dos recursos naturais.

5.1 Materiais

5.1.1 A bacia Barigui

No idioma dos índios que habitavam o primeiro planalto paranaense, *barigui* significa "rio do fruto espinhoso" - uma alusão às pinhas do pinheiro *Araucaria angustifolia* que havia em abundância em suas margens (site Curitiba, 2007). Segundo GUASCH *et al.* (2001), no Dicionário Castellano-Guarani, a palavra *mbarigui* significa 'mosquito', sendo daí provavelmente a origem do nome do rio Barigui, fazendo alusão ao mosquito pólvora.

A bacia do rio Barigui, em sua porção norte, contém uma região particularmente frágil e de suma importância para a RMC: o Aquífero *Karst*, que tem sido motivo de grandes debates e conflitos entre a população local e a Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR pelo controle e gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos, bem como do estabelecimento de medidas de minimização de impacto ambiental decorrente de sua exploração direcionada ao abastecimento de Curitiba.

A extração mineral de calcário é também uma atividade socioeconômica realizada de forma intensiva e economicamente significativa em toda a porção norte da bacia do Barigui. Ressalta-se que tal atividade está estabelecida no entorno das nascentes do Rio, bem como ao longo de todo o seu trajeto, no município de Almirante Tamandaré.

Ainda, na região norte da bacia é expressivo a atividade agrícola que utiliza intensivamente insumos e defensivos.

A ligação entre os municípios de Almirante Tamandaré e Curitiba é feita pela rodovia PR 002, e todo o seu traçado acompanha o percurso do rio Barigui naquele município.

Ao longo dessa rodovia é intenso o número de estabelecimentos comerciais e de serviços, bem como áreas urbanizadas. Consequentemente, o óleo combustível e a borracha dos pneus dos veículos que impregnam a pista, associado aos resíduos de areia, calcário, dentre outros minérios, são levados pelas chuvas diretamente para a calha do rio Barigui, associado ao despejo *in natura* de efluentes domésticos e industriais, uma vez que aqueles estabelecimentos e residências, em sua grande maioria, não contam com rede de tratamento, pelo simples fato de não contarem com essa infraestrutura local.

Na porção sul da bacia, no município de Araucária, está localizada a Refinaria Getúlio Vargas – REPAR da Petrobrás, uma das indústrias mais importantes da RMC, tendo sido responsável, no ano de 2000, pelo mais grave incidente de contaminação ambiental do País, derramando mais de 4 milhões de litros de óleo cru no arroio Saldanha, afluente do Barigui, atingindo um segmento de mais de seis quilômetros da sua porção final e chegando ao rio Iguaçu (AUER, 2009).

Ainda na porção sul da bacia do rio Barigui o extrativismo de areia e argila vem sendo há décadas praticado, sendo a forma de exploração desse recurso um dos problemas graves de uso insustentável dos recursos naturais locais.

A urbanização é presente em toda a bacia, porém é na porção média do rio Barigui, correspondente ao município de Curitiba, onde há a área com maior densidade, apresentando elementos significativos e representativos de ocupação desordenada principalmente nas faixas ribeirinhas e áreas inundáveis, contando com todos os elementos de insustentabilidade característicos do crescimento urbano no País, citando alguns deles:

1. Destruição de APP e densa ocupação de margens e áreas inundáveis;
2. Lançamento de esgoto *in-natura* nos cursos d'água, incluindo efluentes domésticos e poluentes industriais;
3. Instituições públicas encarregadas do planejamento e ordenamento territorial urbano com entendimento meramente paisagístico das APP's;
4. Estabelecimento de medidas paliativas para os problemas estruturais, em um permanente quadro de exceção, como ação para contornar a regra.

5.1.2 Cartografia base

O presente trabalho parte da consideração da Planta Fitogeográfica de Curitiba e Almirante Tamandaré, propostas por Klein & Hatschbach em 1952, como produto da interpretação das fotografias aéreas do sobrevoo realizado no ano de 1950, na escala de 1:25.000.

A cartografia base utilizada foi cedida pela COMEC, SUDERHSA e ITCG, em escalas que variam de 1:50.000 a 1:8.000. Essa cartografia encontrava-se em diversos formatos e sistemas de projeções, incluindo DWG, da *Autodesk*, DGN da *Bentley/Integrph* e Shapefile, da ESRI.

Assim, para a presente tese os arquivos foram padronizados no formato Shapefile e o sistema de projeção utilizado foi o SAD69 UTM22S.

5.1.3 Dados secundários

O mapeamento geológico base utilizado para o trabalho foi o *layer* gerado pela MINEROPAR (2002), e fornecido pela COMEC, em escala 1:20.000.

Como forma de correlação histórica e comparativa também foi utilizadas a Folha Geológicas de Curitiba (1965) e a Folha Geológica de Araucária (1966), com escala 1:50.000, da COMISSÃO DA CARTA GEOLÓGICA DO PARANÁ constituída por J. A. Lopes, J. J. Bigarella, R. Salamuni, R. A. Fuck, A. Muratori e S. Dairiki, sendo esta última utilizada também para completar o polígono total inicial da bacia hidrográfica do rio Barigui, uma vez que, em princípio, não se tem conhecimento da elaboração da Planta Fitogeográfica de Araucária.

Para a análise da vegetação, o ano base para comparação foi 1952, devido a que nessa data foi elaborado o primeiro registro de mapeamento da vegetação da região do planalto de Curitiba, consolidado nas “*Plantas fitogeográficas de partes dos municípios de Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo, e a Planta fitogeográfica dos arredores da cidade de Curitiba*”, organizadas por Rodolfo Doubek e elaboradas por João José Bigarella e Roberto M. Klein, publicadas apenas dez anos depois.

Assim, os mapas de vegetação (1952) e geologia (1965, 1966) foram digitalizados utilizando um *scanner* A3 com 12.400dpi de resolução óptica e 12 *micras* de precisão. As imagens assim obtidas foram georeferenciadas e depois vetorizadas para produzir os *layers* correspondentes.

As unidades de mapeamento da vegetação estabelecidas originalmente por KLEIN & HATSCHBACH (1952), foram padronizadas de acordo com a classificação proposta por VELOSO & GÓES FILHO (1982), utilizada pelo Projeto RADAMBRASIL, fundamentada no Sistema Universal de Classificação Fisionômica e Ecológica das Formações Vegetais, com base nos estudos desenvolvidos por MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG (1974) e consolidado por IBGE (1992), conforme descrito abaixo:

1. Floresta Ombrófila Mista Avançada: refere-se à vegetação em estágio primário e que tinha sofrido diferentes graus de alteração, ou mesmo secundária em estágio avançado de sucessão;
2. Floresta Ombrófila Mista Intermediária: refere-se à vegetação em estágio médio de sucessão;
3. Floresta Ombrófila Mista Inicial: refere-se à vegetação secundária em estágio inicial de sucessão, composta pelos bracatingais já instalados e manejados em boa parte da paisagem na época;
4. Formação Pioneira de Influência Fluvio-lacustre: refere-se à vegetação não florestal das várzeas;
5. Estepe: refere-se aos campos;
6. Agricultura;
7. Urbano.

Para avaliar a ocupação urbana sobre às Áreas de Preservação Permanente (APP's) foi utilizado um *layer* de ocupação urbana irregular, produzido pela SANEPAR e fornecido pela COMEC, datado de 2005 (Figura 9). Nele é apresentado o último registro oficial produzido pela COMEC & IPUC (2002) de áreas ocupadas irregularmente na bacia do rio Barigui, ocupando 535,6ha.

Além da lista oficial da SANEPAR (2002) de pontos de lançamento irregular de esgoto, outras fontes não-oficiais, porém idôneas, contabilizam mais de 600 pontos de lançamento irregular de esgoto *in-natura* nos cursos d'água. Esses pontos, muito embora não divulgados ao público, estão mapeados e somente para uso interno dessa instituição.

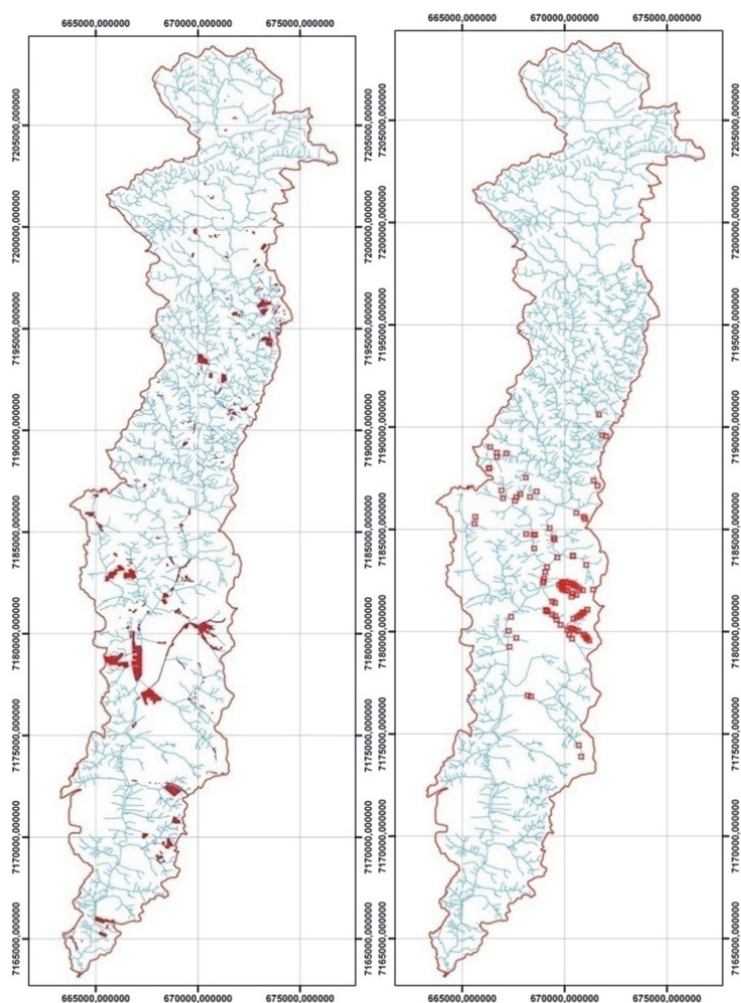


Figura 9 Ocupações urbanas irregulares (vermelho), no mapa esquerdo, e pontos de lançamento de esgoto oficiais (vermelho), no mapa direito. Fonte SANEPAR (2002).

5.1.4 Mapeamento produzido

Para a avaliação da evolução recente do uso do solo e da estrutura da malha hidrográfica atuais na bacia foram utilizadas as seguintes imagens (Figura 10):

1. Para o ano 2000, antes de ser estabelecido o zoneamento da região, foram utilizadas

ortofotos em escala 1:50.000, produzidas para a SUDERHSA e disponibilizadas no site do Instituto de Terras Cartografia e Geociências (<http://www.itcg.pr.gov.br>).

2. Imagens multiespectrais CBERS, fornecidas sem custo pelo INPE, com 20m de resolução espacial e em composição infravermelha, obtidas entre novembro de 2004 e julho de 2006.

As imagens CBERS foram utilizadas para se ter uma primeira aproximação da realidade da bacia, permitindo separar regiões ainda com remanescentes florestais relevantes das áreas urbanizadas, onde a vegetação nativa foi eliminada e as feições de drenagem e áreas inundáveis foram alteradas ou eliminadas.

A partir da primeira aproximação, foi estabelecida a estratégia de aquisição de imagens multiespectrais de alta resolução para aquelas áreas de maior complexidade ecológica, de forma a racionalizar a aplicação dos recursos financeiros disponíveis para o trabalho. Assim, as imagens adquiridas foram as seguintes:

1. Imagens *QuickBird* multiespectrais com banda infravermelha, capturadas em 10 de outubro de 2006, com resolução radiométrica de 11bits e resolução espacial de 2,44m (tamanho do pixel), adquiridas para a porção superior da bacia e a área inferior, na desembocadura no rio Iguaçu, onde se encontram os remanescentes de vegetação com maior significado ecológico da bacia.

Foram utilizadas as quatro bandas multiespectrais produzidas pelo sensor separadas (azul, 0.45-0.52nm; verde, 0.52-0.60nm; vermelho, 0.63-0.69nm; e infravermelho, 0.76-0.90nm), ainda que com menor resolução espacial, o que oferece maior flexibilidade na composição de bandas para facilitar a discriminação visual de tipologias florestais e atividades pontuais de mineração extrativista, muito frequentes na região.

2. Imagens *QuickBird* fusionadas, disponibilizadas pelo sistema *Google Images*, capturadas entre agosto de 2005 e julho de 2006, segundo informações obtidas junto a *Inav Geosistemas SRL*. de Buenos Aires, Argentina, terceirizada da *LeadDog Consulting Inc.* de USA, contratada pela Google Inc. para a produção de mapas e imagens

para a América do Sul. A *LeadDog Consulting Inc.* é uma das empresas responsáveis pela manutenção do sistema do *Google Images* (INAV GEOSISTEMAS SRL., com. pess).

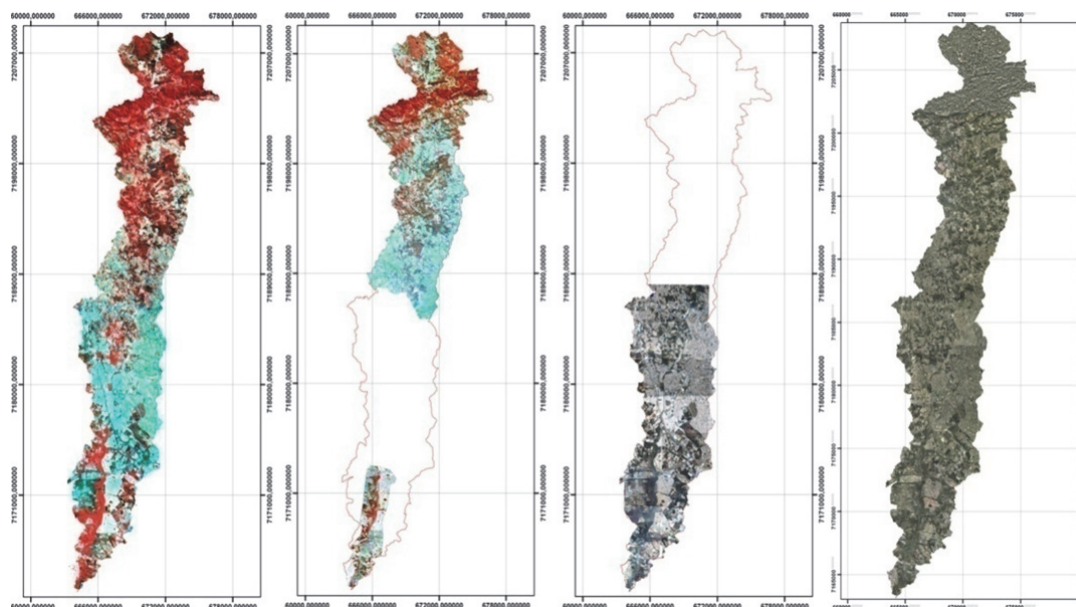


Figura 10 Ortoimagem orbital CBERS multiespectral em combinação infravermelha de 2006, (esquerda); imagem orbital multiespectral QuickBird de 2006, em combinação infravermelha (centro-esquerda), imagens QuickBird fusionadas de 2005-2006, extraídas do Google Maps.

As imagens *QuickBird* fusionadas foram capturadas utilizando-se do aplicativo *Google Earth* que conta com a funcionalidade de exportar quadrantes de imagem em arquivos de 4800x4387pixels, funcionalidade esta só disponível na assinatura anual da versão *Pro*. Estas imagens foram capturadas a uma altura virtual de 3000m, o que oferece uma resolução espacial reamostrada de 1,00m, segundo recomendação da Inav Geosistemas SRL.

A imagem assim gerada é uma fusão das bandas multiespectrais RGB (Vermelho, Verde, Azul) com a banda pancromática, de forma a aproveitar a maior resolução espacial da imagem em tons de cinza e a informação espectral (cor) das bandas multiespectrais, que apresentam resolução espacial aproximadamente quatro vezes menor àquela da pancromática.

Assim, devido ao processo de fusão e reamostragem, estas imagens não apresentam

qualquer informação espectral útil. No entanto, graças a sua boa resolução espacial, em se tratando de avaliações ambientais com recursos orçamentários limitados, são muito adequadas para a restituição planimétrica de feições em áreas urbanizadas se forem submetidas a um adequado processo de ajuste cartográfico.

Destas imagens foi extraída a hidrografia ajustada, que apresenta grandes variações com relação à da cartografia fornecida pela SUDERHSA produzida em 2002, e o *layer* de uso do solo do período atual.

5.2 Estratégia de análise

A avaliação realizada utilizou-se de uma série temporal de cartografia temática e imagens de satélite de alta resolução, de forma a estabelecer um comparativo da evolução da ocupação do espaço entre o período 1952 e 2006. O mapeamento de 1952 é o primeiro mapeamento existente da ocupação da região e por isso ele é o ponto de partida das análises realizadas para a presente tese.

A avaliação da dinâmica espacial tem ênfase principal na evolução da cobertura vegetal, tanto em extensão e riqueza tipológica como na qualidade da sua composição.

5.2.1 Consolidação da cartografia

A cartografia legada foi processada eliminando erros topológicos, como linhas duplicadas ou cruzadas, polígonos não fechados e redes topológicas como a hidrografia não estruturada e com seus segmentos com direção não sequencial.

Ainda, várias camadas foram compostas a partir de dados complementares, de diversas origens e escalas, pelo qual as mesmas foram ajustadas espacialmente e consolidadas, como no caso da hidrografia e da geologia. Em todos os casos foram aplicados procedimentos de conflação⁷ para adequação precisa de feições similares entre *layers* de diferentes ori-

⁷ Procedimento realizado em ambiente SIG para consolidação de traçados e de bordas de geometrias para a

gens.

Seguidamente, o projeto foi padronizado na projeção SAD69 UTM22S.

5.2.2 Análise espacial

Uso do solo e vegetação:

Para a comparação multitemporal da ocupação da bacia foram usadas as mesmas legendas aplicadas no mapeamento de 1952.

Para o mapeamento da ocupação em 2006 todas as imagens utilizadas, sejam CBERS e *QuickBird*, foram previamente ortorretificadas utilizando dados da órbita do sensor e:

1. Pontos de apoio obtidos com um GPS modelo SOKKIA L200, com precisão melhor de 0,50m, para assegurar maior rigor cartográfico;
2. Um Modelo Digital de Terreno (MDT)⁸ gerado com resolução de *grid* interpolado a 2m, utilizando as curvas de nível e pontos cotados fornecidas pela COMEC, na escala 1:10.000; e
3. Pontos de controle extraídos da cartografia fornecida pela COMEC e a SUDERHSA, atingindo uma precisão média de 1.5m aproximadamente.

As imagens planimetricamente corrigidas foram geradas por reamostragem de convolução 4x4, significando que a reorientação dos pixels da imagem foi realizada com a forma mais rigorosa de reamostragem, considerando uma vizinhança de 16 pixels para cada pixel na imagem.

Como já mencionado as imagens CBERS em composição infravermelha foram utilizadas para executar um diagnóstico preliminar da bacia e delimitar e separar as áreas den-

mesma feição, presentes em bases cartográficas de diferentes origens. Para esta tese foi utilizada a funcionalidade existente no software GCJ, desenvolvido pelo Projeto OpenJUMP.

8 Um Modelo Digital de Terreno (MDT) é um arquivo *raster* com as informações da elevação do terreno armazenadas na forma de pontos interpolados a partir dos dados de origem, que podem ser curvas de nível, pontos cotados e pontos de GPS, por exemplo.

samente urbanizadas, por não ser objeto de interesse *per se* para o diagnóstico ecológico.

Sequencialmente foram delimitados os polígonos de imagens *QuickBird* multiespectrais a serem adquiridos para as regiões de maior complexidade ecológica, sendo decidido que as áreas densamente urbanizadas seriam trabalhadas com imagens *QuickBird* fusionadas, extraídas do *Google Images*.

Por serem imagens de alta resolução e baixa ou nula qualidade espectral, mesmo ainda nas áreas cobertas por imagens multiespectrais com banda infravermelha, a estratégia de análise das imagens *QuickBird* foi a de interpretação visual e restituição planimétrica, apoiada em levantamentos ecológicos em campo em toda a área da bacia.

A utilização da banda infravermelha acresceu maior detalhamento pela sua riqueza espectral, facilitando a interpretação visual das feições ecológicas. Da mesma maneira, de forma empírica, dependendo da facilidade oferecida na identificação e caracterização de feições, foram utilizadas diferentes combinações de bandas na separação visual das tipologias de vegetação, motivo principal do mapeamento.

Após serem ortorretificadas as imagens multiespectrais foram submetidas a ajustes de contraste e melhora de definição de bordas, no intuito de facilitar o processo de delineamento de feições a serem restituídas planimetricamente.

Restituição planimétrica:

A restituição planimétrica foi realizada na escala 1:10.000, seguindo os seguintes passos:

1. Definição de unidades de mapeamento;
2. Restituição planimétrica preliminar de feições;
3. Levantamentos em campo;
4. Ajuste da restituição planimétrica de feições pelos resultados dos levantamentos e geração final de *layers* de hidrografia e uso do solo e vegetação.

A interpretação da imagem seguiu critérios de avaliação fitoecológica e de correlação entre padrões espaciais de variabilidade da vegetação.

A malha hidrográfica foi extraída com fins de comparação com aquela fornecida pela SUDERHSA, que fora produzida em 2002. Nessa base da SUDERHSA são delineados todos os afluentes, incluídos aqueles hoje soterrados pelo processo de urbanização, seja por alteração, canalização ou entubamento.

Seguidamente, a hidrografia assim obtida foi comparada com a da SUDERHSA (2002), encontrando-se diferenças entre a cartografia oficial do Estado e o percurso real do rio, evidenciadas nas imagens ortorretificadas. Estas alterações se devem a:

1. Processos erosivos nos solos da bacia, que têm levado a mudanças no carreamento e acumulação de sedimentos;
2. Mudanças drásticas na estrutura e delineamento nas áreas de várzea, causadas pela intensa e descontrolada extração de areia nas áreas sujeitas à inundação sazonal;
3. Ocupação urbana das APP's e destruição de nascentes, seja pela ação irracional da população ribeirinha ou pelas obras de engenharia hidráulica executadas pelos órgãos governamentais.

No *layer* de uso do solo e vegetação foram identificadas as seguintes unidades de uso do solo:

1. Vegetação nativa
 - a) Florestas Ombrófila Mista avançada
 - b) Florestas Ombrófila Mista intermediária
 - c) Florestas Ombrófila Mista inicial
2. Agricultura;
3. Extração mineral; e
4. Áreas urbanas.

A unidade “Agricultura” também contempla as áreas de agricultura sazonal e plurianual, áreas de pousio e pastoreio.

A unidade “Áreas urbanas” inclui áreas em diversos estágios de ocupação urbana, sendo definidas pela presença evidente de loteamentos e arruamentos.

Na bacia foram mapeadas duas atividades de extração mineral de elevada intensidade:

1. Extração de calcário, caulim, granito e outras rochas ornamentais da região do Aquífero *Karst*, localizado ao norte da bacia; e
2. Extração de areia e argila nas áreas aluviais no sul da bacia.

5.2.3 Análise do relevo

Esta análise busca identificar e delimitar áreas com restrições ao uso em função do relevo, de acordo com o Artigo 2º do Código Florestal, Lei 4.771 de 1965 e as Resoluções do CONAMA 303/02 e 369/06, considerando declividades acentuadas, topos de morro e montanhas, e linha de cumeada ou serras, onde é vedada a utilização ou remoção da cobertura vegetal original.

De forma a entender mais apropriadamente as características do relevo, foi aplicada, também, uma classificação adaptada de EMBRAPA, mais eficiente para a caracterização produtiva e o potencial para ocupação antrópica da bacia.

Do ponto de vista metodológico, as áreas com restrição de declividades são fáceis de calcular e delimitar com ferramentas de SIG. Por isso é o único critério de delimitação de APP estabelecido na legislação relativamente fiscalizado nas propriedades rurais ainda hoje.

Contudo, os topos de morro, montanhas e linhas cumeadas não podem ser extraídos de forma automática em software ou aplicando técnicas de medição em campo que sejam econômica e tecnicamente viáveis.

Os critérios estabelecidos pelo CONAMA, muito embora ecologicamente lógicos, dificultam a tarefa de sua identificação e delimitação, o que tem levado a questionar a objetividade da implementação dos critérios técnicos definidos na Resolução 303/02 e a viabilidade da sua aplicabilidade em termos práticos.

Para entender melhor este problema apresentam-se a seguir as diretrizes estabelecidas na Resolução 303/02, mencionando as dificuldades encontradas na sua aplicação.

Para a feição topo de morro ou montanha a legislação define três tipos de feição: forma de relevo isolada, divisor d'águas ou linha de cumeada e conjunto de morros e montanhas cujos cumes estão separados entre si por distâncias inferiores a 500 m.

O topo é definido como o terço superior do morro ou montanha, com base em dados de altura a partir de curvas de nível, nem sempre existentes ou na escala adequada, a qual deveria ser 1:5.000 ou até 1:10.000 para feições de relevo de grande dimensão.

Para ser considerado morro, a feição de relevo deve apresentar uma diferença hipsométrica de 50 a 300m entre a cota do topo e a da base. No caso de montanha, a diferença deve ser superior a 300m.

A base da feição de relevo é o plano horizontal da planície circundante ou cota da depressão entre feições ou do espelho d'água dos rios que por ventura venham a circular ao longo dos talwegues.

O estabelecimento da cota da base da feição a ser utilizada no cálculo é difícil de determinar já que, pela natureza do terreno, a mesma varia de forma irregular e, dada a cobertura vegetal do terreno, muitas vezes é difícil a sua determinação precisa ao longo do seu trajeto.

Da mesma forma, em se tratando das linhas cumeadas como definidas pelo CONAMA, na realidade, as mesmas são sequências de pontos cotados com alturas variáveis, o que leva à imprecisão pela subjetividade na medição.

Por outro lado, os subsídios topográficos para a grande parte do território do País são inadequados, com escala 1:50.000 ou ainda menos detalhadas, o que inviabiliza a aplicação da legislação de forma ampla e equilibrada para todos os produtores rurais.

Para esta tese, dado o intuito de delimitar áreas frágeis definidas pelo relevo em escala regional, foi aplicado um procedimento de aproximação, delimitando áreas seguindo as curvas de nível, medindo a largura das feições e a distância entre elas e consolidando grupos de feições na medida em que o espaço entre elas apresentar outros aspectos limitantes, como declividades acima de 45% ou nascentes. Este método dá uma primeira aproximação

na identificação de áreas de topos de morros e linhas cumeadas na bacia, adequada para as atividades de avaliação e planejamento regional, no entanto, em se tratando de avaliação de propriedades individuais, a realização de levantamento topográfico em campo é obrigatória.

Do ponto de vista técnico, para a análise do terreno foi produzido um modelo tridimensional utilizando uma Rede Triangulada Irregular (*Triangulated Irregular Network – TIN*)⁹ gerado a partir das curvas de nível e pontos cotados da bacia.

Dada a sua alta precisão e qualidade nos resultados, ainda que fosse possível utilizar o MDT com este propósito, considerando o grau de detalhamento a ser atingido neste trabalho, foi aplicada uma estratégia de análise de terreno com um modelo TIN por manter inalteradas as informações extraídas dos dados de origem na sua arquitetura (McCLUSKEY & McMASTER, 1997).

O uso de TIN é a forma mais precisa para modelar o terreno sem perder a sua forma

9 Um TIN é uma malha composta por nodos, bordas, triângulos, polígonos de Bacia e topologia. Os nodos são originados nas curvas de nível, pontos cotados e pontos de GPS levantados em lugares de interesse topográfico, possuindo valor de altura (Z). As bordas são os segmentos que conectam os nodos formando os triângulos não sobrepostos de malha contígua que satisfaz o critério estabelecido por BORIS DELAUNAY (ANO), que estabelece que o círculo que circunscreve cada triângulo não contendo nodos no seu interior, o que permite o ângulo interior mínimo dos triângulos seja maximizado, minimizando a formação de facetas longas e finas. A estrutura topológica do TIN contém as informações sobre adjacência, posição e identificador de cada nodo e borda que compõem o modelo. A Bacia (*hull*) do TIN é formada por um ou mais polígonos que contem os dados originais utilizados para gerar o TIN, definindo a zona de interpolação do mesmo.

O conceito de malha irregular é definido pelo fato de que cada borda possui dois nodos, porém um nodo pode possuir duas ou mais bordas. Como os nodos têm valor de Z, é possível calcular a declividade de uma borda entre dois nodos. Os triângulos assim formados correspondem com facetas que carregam os atributos declividade das suas bordas gerando informações sobre o seu comportamento (orientação, aspecto, área e longitude da superfície). O conjunto dos triângulos permite derivar dados como volume, perfilamento e análise de visibilidade (McCLUSKEY & McMASTER, 1997).

original, permitindo que os pontos com dados de altura estejam em intervalos irregulares. No entanto, dada sua complexa arquitetura de dados, a geração e análise de TIN é mais custosa em termos de processamento computacional, dificultando a sua manipulação se comparados com modelos *raster* como os MDT (McCLUSKEY & McMASTER, 1997).

Assim, a análise realizada gerou dois *layer* de declividades: em graus, tabela 3, e em percentual, tabela 4, sendo um de áreas com restrições de relevo em função das feições geológicas e uma imagem com a hipsometria, utilizada unicamente para fins de visualização e correlação nas atividades de planejamento.

Tabela 3 Faixas de declividade em graus, com restrições ao uso.

Legenda	Restrição
0-17° (30%)	Sem restrição
>17° (30%)	Com restrições segundo CONAMA
>45°	APP (Código Florestal)

As declividades em percentual foram estabelecidas adaptando critérios aplicados por EMBRAPA (1971) e por Moacir Rauen & Itamar Bognolo no Estudo de Impacto Ambiental do Aquífero Karst (1996). Logo, as declividades da bacia foram subdivididas como apresentado na tabela 4.

Tabela 4 Faixas de declividade em percentual, com recomendações e restrições ao uso.

Legenda	Descrição	Recomendação
Plano	0 a 3%	Agricultura e pecuária.
Suavemente plano	3 a 8%	Agricultura e pecuária com medidas de conservação de solos.
Suave ondulado	8 a 12 %	Agricultura e pecuária com medidas estritas de controle da erosão.
Ondulado	12 a 20%	Uso agroflorestal e reflorestamento.
Fortemente ondulado	20 a 30%	Manejo de florestas.
Escarpado	30 a 45%	Manejo seletivo de florestas.
Fortemente escarpado	acima de 45%	Conservação.

Como pode ser observado na tabela acima, as declividades de 20-45% foram subdivididas em três faixas atendendo as restrições impostas pelo Código Florestal sem, por isso, desvirtuar as recomendações técnicas da EMBRAPA.

5.3 Análise em SIG

As ferramentas de análise espacial e de atributos não-espaciais em Sistemas de Informações Geográficas - SIG utilizadas são as mais adequadas para o diagnóstico e planejamento territorial.

Em SIG, as geometrias vetoriais são procedimentos matemáticos que descrevem distâncias, ângulos e coordenadas que permitem representar a forma das feições espaciais. As feições geográficas em SIG constam de elementos espaciais, compostos por geometria (localização e forma) e topologia (relação espacial com outros objetos), e atributos, descrevendo as suas características (OGC, 1999).

Com essas informações é possível estabelecer relações entre a forma e a localização de uma feição com a de outras feições de interesse (BLAKE, 2007). A seguir mencionam-se aquelas funcionalidades que foram utilizadas neste trabalho:

1. Consulta: permite a seleção de feições e encontrar seus atributos, buscar feições pela sua posição geográfica ou pela sua relação geográfica com outras feições, posições geográficas ou áreas de interesse, assim com buscar feições pelos seus atributos ou combinação de atributos (ESCOBAR, 1998).
2. Medida: distância e direção.
3. Cruzamento (ou sobreposição topológica): Uma das mais utilizadas formas de análise espacial em SIG é o cruzamento por sobreposição de *layers* de diferentes origens. A utilização desta forma de análise em SIG foi desenvolvida por IAN McHARG, em inícios da década de 80, para a incorporação de fragilidades ambientais e sociais no planejamento de estradas e construção de infraestruturas (ESCOBAR, 1998).
A sobreposição de *layers* é usualmente complementada ou integrada em fluxos integrados de análise e consulta espacial, gerando novos *layers* com as feições que cumprem com critérios definidos na consulta. Existem numerosas operações de sobreposição, todas elas derivadas das seguintes quatro (OGC, 1999), sendo que todas elas foram utilizadas nas análises desta tese:

- a. União: todas as feições dos dois *layers* estarão presentes no *layer* gerado.
 - b. Interseção: só as feições dos dois *layers* que coincidem com a mesma extensão geográfica estarão no *layer* gerado.
 - c. Incluído em (“contido em”): o *layer* gerado contém todas as feições presentes no primeiro *layer* e todos os elementos do segundo *layer* que se encontram na mesma extensão geográfica.
 - d. Excluído de (“não contido”): o *layer* gerado contém só as feições presentes do primeiro *layer* que não se encontram dentro da extensão geográfica do segundo *layer*.
4. Transformações em distância: esta funcionalidade de análise, conhecida como *buffer*, é a segunda mais utilizada em SIG. A geração de um *buffer* implica transformar uma feição em uma área baseada em uma distancia predefinida. A distância pode ser definida por uma faixa de exclusão legal ou definida pelo valor da extensão de eventos e processos limitantes. Esta capacidade de espacializar processos é uma das mais importantes funcionalidades de análise espacial.

Dadas as características e estrutura dos dados temáticos utilizados, para as análises requeridas neste trabalho, são utilizadas técnicas de consulta, cruzamento e transformação em distância (OGC, 1999) através das funcionalidades oferecidas pelo banco de dados espaciais usando *Structured Query Language* – SQL, padrão ISO/IEC 9075. O padrão SQL permite criar, gerenciar, buscar dados e executar análises complexas em bancos de dados.

As consultas booleanas são úteis para selecionar atributos, seja posicionais ou descritivos, associados a feições gerando novos atributos por sobreposição de *layers*. A álgebra booleana utiliza os operadores lógicos AND, OR e NOT e suas possíveis combinações para determinar se uma condição particular é verdadeira ou falsa (OGC, 1999).

Para a execução integrada das análises realizadas neste trabalho, os dados foram armazenados em um banco de dados geográficos – BDG que permitem a manipulação e indexação de dados espaciais em um ambiente centralizado e consistente.

Nos BDG as feições geográficas são armazenadas e indexadas em tabelas com linhas e colunas, onde as linhas armazenam geobjetos, representando cada feição, e as colunas os atributos, tanto alfanuméricos como geométricos. Os atributos geométricos, incluindo as suas coordenadas geográficas, armazenados em uma coluna geométrica, utilizando um formato binário compactado (RAMSEY *et al.*, 2007).

Como todo banco de dados relacional, os dados, tanto alfanuméricos como geográficos, são gerenciados usando SQL. Desta maneira, as funcionalidades de álgebra geográfica e booleana (SQL) são disponibilizadas na mesma infraestrutura de gerenciamento (RAMSEY *et al.*, 2007).

Em termos de SQL, uma análise de sobreposição é simplesmente uma junção espacial com uma operação de interseção. Uma operação de análise sequencial completa pode ser escrita em um único *script* SQL, sem a necessidade de gerar *layers* e tabelas intermediárias (RAMSEY *et al.*, 2007). No entanto, aos efeitos de manter um histórico dos procedimentos executados para a presente tese, os layers intermediários foram armazenados em *Shapefile*, tendo sido gerados mais de 1200 layers deste tipo ao longo do presente trabalho.

O banco de dados relacional aqui utilizado é o PostgreSQL, disponibilizados sob licença de código aberto, acrescido da extensão para gerenciamento de objetos geográficos PostGIS, que implementa a especificação “*Feição Simples para SQL*” (SFS), do Consórcio OpenGIS – OGC é homologado como padrão ISO sob o código ISO/TC 211, que permite que geobjetos sejam armazenados em uma tabela relacional, com propriedades, comportamentos, regras de validação e relacionamento (RAMSEY *et al.*, 2007).

Para a análise SQL com funcionalidades geográficas é utilizada a biblioteca ‘operações geométricas’, integrada ao banco de dados geográfico (RAMSEY *et al.*, 2007). As funções de relacionamento disponíveis, que interessam a este trabalho são: distância, igual, disjunto, intersecta, toca, cruza, está dentro, se sobrepõe, contém, se relaciona.

O gerenciamento do banco de dados foi realizado com o aplicativo pgAdmin III e as análises foram executadas com o SIG GCJ, implementação do *framework* OpenJUMP

(<http://www.openjump.org>), para análises espaciais em SIG.

O processo de análise é representado no seguinte diagrama de exemplo (Figura 11), em consultas integradas com *scripts* SQL, estruturados para a geração semiautomática de produtos no SIG.

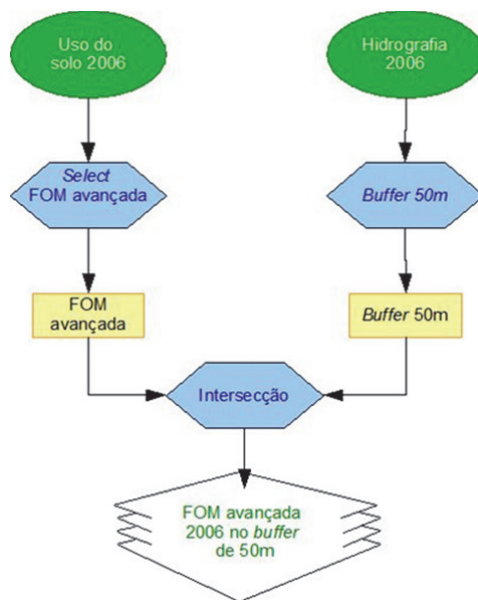


Figura 11 Diagrama do fluxo de geoprocessamento para a extração das áreas com Floresta Ombrófila Mista no buffer de 50m da hidrografia da bacia do rio Barigui de 2006.

O banco de dados espaciais foi implementado com os seguintes *layers*:

- | | |
|---|---|
| 1. Uso do solo e vegetação em 1952 | 10. Hidrografia em 1952 |
| 2. Uso do solo e vegetação em 2006 | 11. Hidrografia em 2006, só incluindo as drenagens naturais |
| 3. Geologia | 12. Hidrografia em 2006, eliminando as drenagens artificializadas ou suprimidas |
| 4. Solos | 13. Hidrografia oficial em 2002 (SUDERHSA) |
| 5. Declividades | 14. Áreas de Preservação Permanente |
| 6. Ocupação irregular | |
| 7. Lançamentos de esgoto <i>in-natura</i> | |
| 8. Zoneamento urbano | |
| 9. Unidades de conservação | |

5.4 Análise de dados

5.4.1 Critérios aplicados

Em planejamento a conceitualização do espaço em função de objetivos de gestão considerando as limitações ecológicas e as limitações socioeconômicas é uma fase primordial e fundamental para o estabelecimento de critérios de análise territorial. Esta conceitualização é determinada também pelo quadro legal (federal, estadual e municipal) que rege a ocupação do espaço, assim como pela estrutura fundiária já estabelecida, conjuntamente com as práticas sociais e produtivas existentes especificamente na área de estudo. Por isso, a análise adotada no presente trabalho parte de três premissas:

1. A necessária integração dos componentes ecológicos básicos do funcionamento da bacia;
2. A dinâmica do processo de ocupação que leva à fragmentação da vegetação nativa, à degradação do solo e ao assoreamento e contaminação dos cursos d'água;
3. A análise em separado das APP, Áreas Frágeis - AF não contempladas normalmente pelas APP's e as Unidades de Conservação - UC, por serem regidas por regulamentações legalmente estabelecidas e/ou que devem ser gerenciadas de forma especial, dada as suas características ecológicas diferenciadas.

Para a análise ecológica da bacia, são considerados três grandes componentes:

1. Geologia e solos;
2. Declividade e hipsometria; e
3. Vegetação.

Para a análise da dinâmica do processo de ocupação foi utilizada a série histórica de mapeamentos, o primeiro de 1952 e o segundo de 2006, complementado com ortoimagens de 2000, padronizados nos mesmos critérios de classificação.

A comparação foi realizada primeiramente para toda a bacia e depois em separado, nas

APP, nas duas macro-zonas geologicamente frágeis identificadas (áreas inundáveis e compartimentos *kársticos*) e nas UC.

5.4.2 Processamento dos dados

A análise dos dados foi realizada comparando a série histórica entre 1952 e 2006 (Figura 13), sendo que a bacia foi subdividida por graus de fragilidade, considerando a aplicação da legislação específica referente à proteção de recursos hídricos e áreas frágeis.

Assim, a bacia foi subdividida da seguinte maneira:

1. Áreas de Proteção Permanente – APP (Figura 12), incluindo:
 - a) *Buffer* de 50m ao longo do rio Barigui, nascentes e espelhos d'água;
 - b) *Buffer* de 30m ao longo dos seus afluentes;
 - c) Várzeas inundáveis;
 - d) Topos de morro e linhas cumeadas, segundo definido pela Resolução do CONAMA303/02.
 - e) Áreas com mais de 30% (17° aprox.) de declividade.
 - f) Áreas com mais de 45° de declividade.
2. Unidades de Conservação - UC
3. Áreas com Uso Restrito (AUR), incluindo áreas com declividade de 30-45% e os compartimentos do aquífero *Karst*, que apresentam limitações à ocupação devido aos riscos de solapamento e subsidência.

A análise dos dados foi processada a partir dos resultados do processamento por sobreposição em SIG dos *layers* do projeto. Os dados calculados foram:

1. Área total, em hectares, coberta pela unidade de mapeamento;
2. Indicadores de significância e atomização dos polígonos da unidade de mapeamento:

Número de polígonos: que evidencia o grau de fracionamento e atomização de cada unidade de mapeamento.

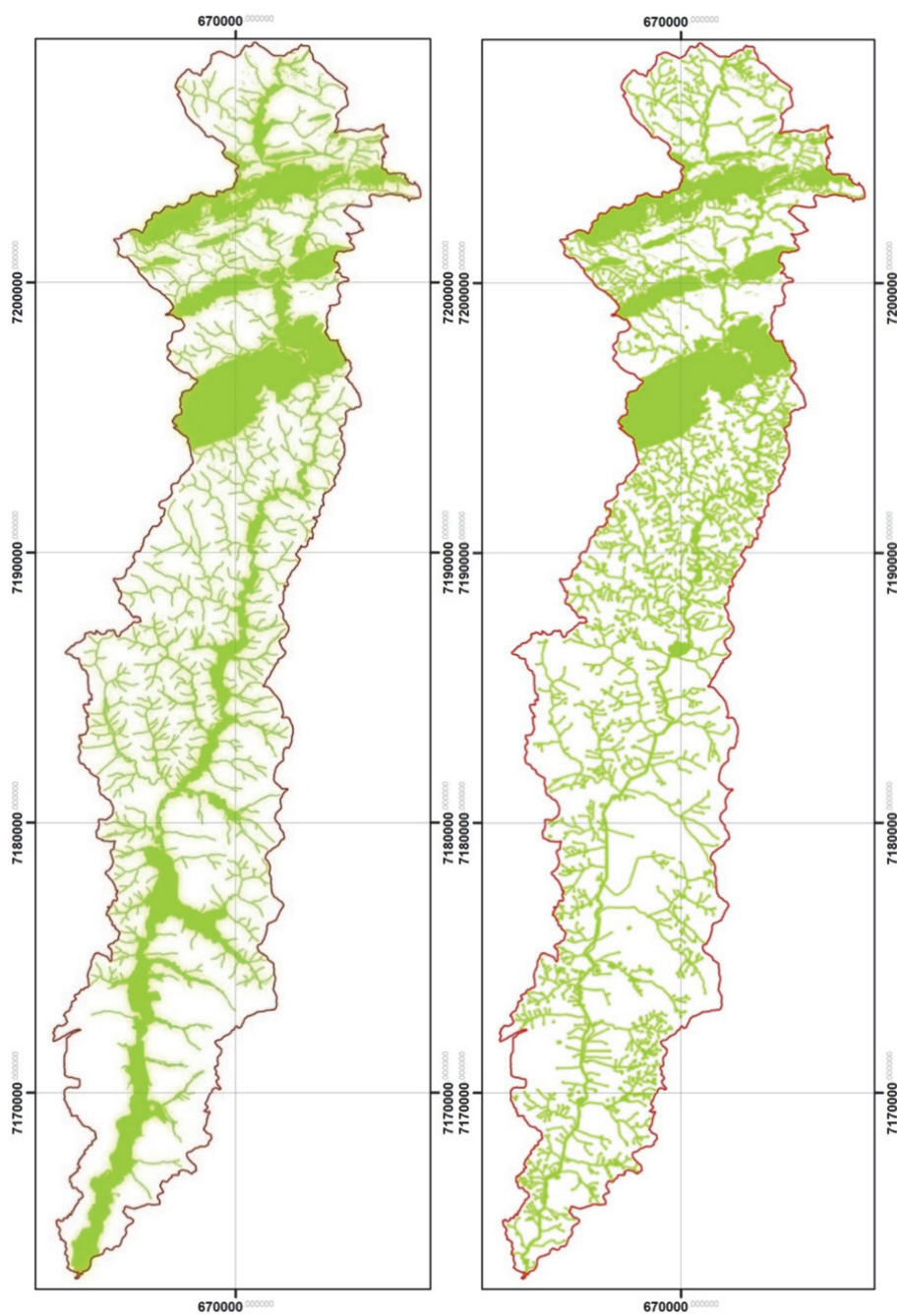


Figura 12 Resultado comparativo de APP de 1952 (esquerda) e 2006 (direita).

Média de área dos polígonos, incluindo área do polígono maior e do polígono menor: que, associada ao número de polígonos, é uma das variáveis mais importantes para avaliar a viabilidade ecológica da tipologia vegetal mapeada.

As variáveis avaliadas têm especial utilidade quando é avaliada a estrutura e interconexão entre remanescentes de vegetação, assim como na viabilidade ecológica das mesmas, no longo prazo, sem intervenção de manejo.

3. Estas variáveis são avaliadas considerando a distância entre polígonos, forma dos polígonos e características das unidades de mapeamento encontradas entre os diferentes polígonos em avaliação, considerando a maior ou menor dificuldade para a comunicação das espécies encontradas nas diferentes áreas.

Considerando as características específicas da bacia em análise, tanto distância entre polígonos como a sua forma, não foram considerados devido ao avançado estágio de fragmentação e degradação dos ecossistemas originais, praticamente desaparecidos, e a presença dominante de áreas urbanizadas e agricultura, que inviabilizam qualquer comunicação ou estabelecimento de corredor entre fragmentos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise dos dados

6.1.1 O meio físico

O polígono gerado a partir da cartografia legada para a bacia do rio Barigui apresenta uma área de 26527,99 hectares.

Após o estudo realizado nessa bacia e tendo como subsídios os fatores físicos: solo, geologia, relevo e declividades, e biológico: vegetação, os resultados encontrados são apresentados conforme a sequência a seguir.

Relevo e declividades:

A bacia do rio Barigui é dominada por um relevo que varia de plano a escarpado, sendo que os maiores valores evidenciados encontram-se na sua porção norte. Assim, conforme a tabela 5 e tabela 6, a bacia apresenta as seguintes proporções de área de declividades no seu relevo:

Evidencia-se que as áreas sem qualquer restrição legal por declividades representam 90,17% da bacia. As áreas com restrição definida pelo CONAMA ocupam 9,71% da bacia, sendo que as áreas com restrição estrita, de acordo com o Código Florestal, ocupam apenas 0,12% da área.

Tabela 5 Análise de declividades, em graus, da bacia do rio Barigui, de acordo com Lei

Declividades	0-17°	17-45°	>45°
Área (ha)	23920,07	2576,39	31,54
% de Área	90,17%	9,71%	0,12%

Tabela 6 Declividades, em percentuais, da bacia do rio Barigui, adaptado de IBGE (2005).

Declividades	0-3%	3-7%	7-12%	12-20%	20-30%	30-45%	45-90%
Área (ha)	7143,08	3219,82	3296,82	4016,68	1139,80	742,40	448,30
% de Área	35,70%	16,09%	16,48%	20,08%	5,70%	3,71%	2,24%

Evidencia-se que o relevo plano predomina na bacia, ocupando 35,7% dela, seguido pe-

lo relevo ondulado ocupando 20,08% da área total, da qual 16,48% correspondem ao relevo suave ondulado. Já o relevo fortemente ondulado compreende 9,41% da bacia e apenas 2,24% correspondem a terrenos escarpados.

O relevo plano, concentrado na porção sul da bacia, está relacionado às extensas planícies aluviais dominadas por solos hidromórficos sobre aluviões e vegetação de várzea, tornando-se mais acentuado em sentido montante à bacia (Figura 13).

As declividades maiores de 45% são aquelas que definem divisores de água na bacia e devem ser destinados à proteção integral (Figura 14). O aquífero *Karst* localizado na porção norte da bacia encontra-se em áreas rebaixadas e delimitado por diques definidos por aqueles divisores de água.

As áreas da bacia que apresentam feições de relevo tipo topos de morro, montanhas, linhas cumeadas e declividades com restrição ao uso ou proibição de ocupação foram calculadas.

A Resolução Federal nº 303/2002 do CONAMA, no seu Artigo 2º, incisos IV e V, estabelece os parâmetros, definições e limites referentes à delimitação de APP de Topo de Morro e Montanha e de Linha de Cumeada. Estas feições de relevo podem ser isoladas, linhas cumeadas ou divisores d'água de mais de 1000m (500m de cada lado do cume), ou conjuntos de feições isoladas cujos cumes estão separados entre si por distâncias inferiores a 500m. Em topos de morro a APP é definida pelo terço superior da feição, medido a partir da base ou plano horizontal definido pela depressão mais baixa ao seu redor que, no caso de existir, pode ser o lençol de um curso d'água.

Na região da bacia, é na região cárstica que existem feições de relevo com restrições ao uso segundo definido pela Resolução 303/2002 do CONAMA, representando 2669,96ha ou 10,06% do total da área da bacia (Tabela 7).

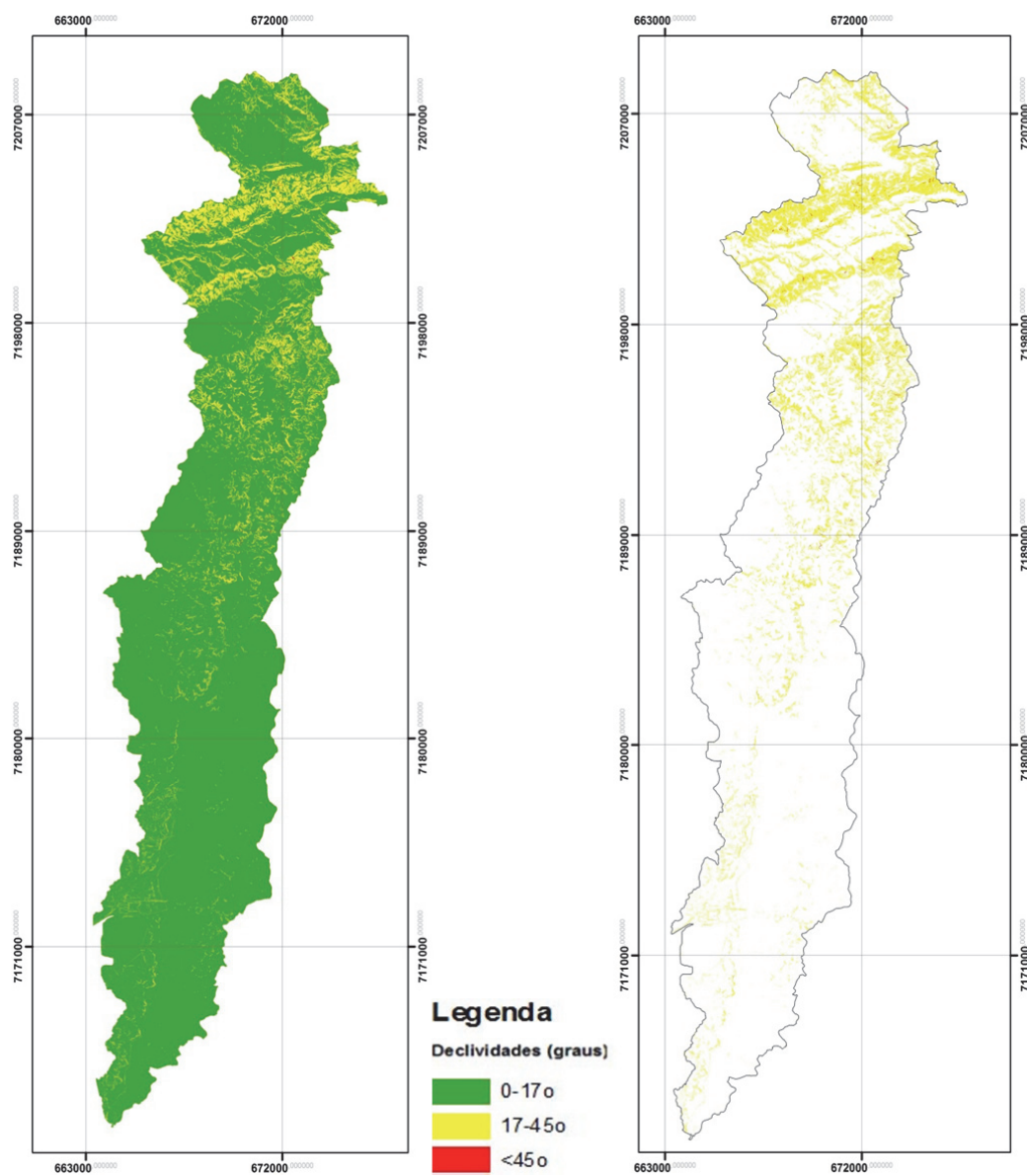


Figura 13 Declividades da bacia do rio Barigui, à esquerda. Declividades entre 17-45° (amarelo) e >45° (em vermelho), à direita.

Tabela 7 Cálculo estimado da área de topos de morro e linhas cumeadas da bacia do rio Barigui.

Geologia	Área (ha)
Metapelitos deformados tectonicamente de forma heterogênea.	2397,50
Quartzitos intercalados e gradando para filitos; às vezes intercalados nos metacalcários.	272,47
Total de áreas de topos de morro e linhas cumeadas	2669,96

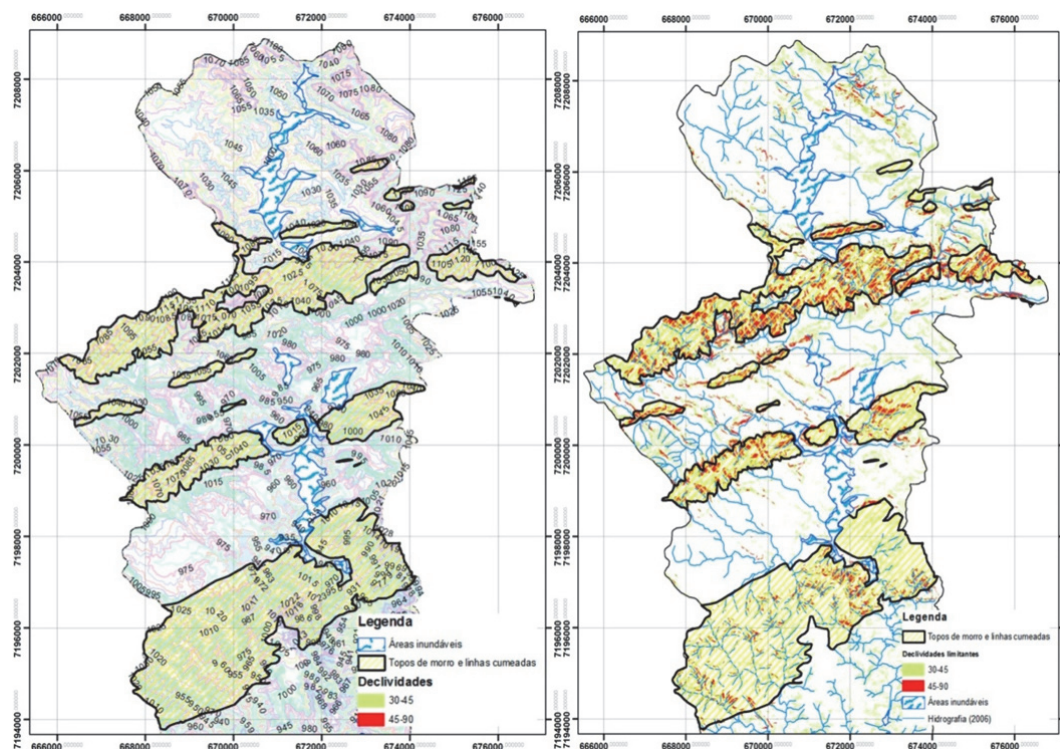


Figura 14 Esquerda: porção da bacia com as áreas estimadas de topos de morro e linhas cumeadas em sobreposição com as curvas de nível, áreas inundáveis e relevo (em cor atenuada). Na direita acrescem-se as áreas com declividades entre 30-45% e acima de 45%.

Essas áreas encontram-se sobre rochas metamórficas de baixo grau de intemperismo, metapelitos deformados tectonicamente de forma heterogênea e quartzitos intercalados com filitos, intercalados com os metapelitos.

Hidrografia e áreas inundáveis:

A malha hidrográfica da bacia do rio Barigui apresenta uma estrutura dendrítica e muito sinuosa e originalmente com a presença de largas áreas de várzea, concentradas principalmente na sua porção sul, onde, ainda hoje, existem trechos meândricos, apesar dos que foram retificados (Figura 15).

Contudo, na porção norte da bacia o rio Barigui corre em regiões encaixadas, características de áreas de relevo acentuado, no extremo Norte, onde se encontram as suas nascentes.

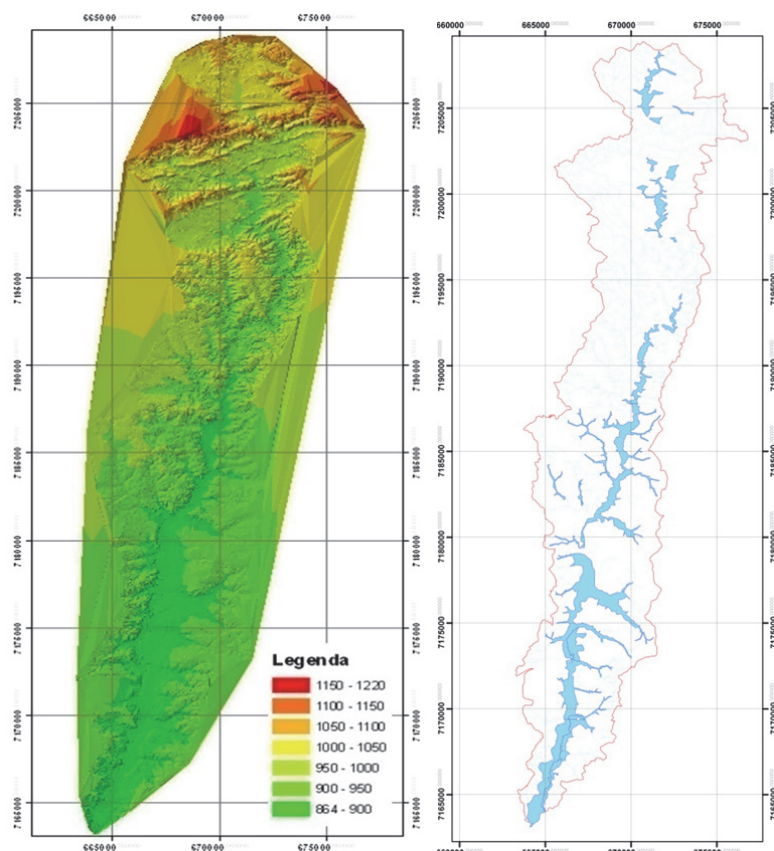


Figura 15 No mapa da esquerda o TIN da bacia mostrando as variações de elevação. No mapa da direita, com fins de comparação, as áreas inundáveis com a hidrografia em sobreposição.

O percurso do rio Barigui em 1952 era de 83,99 km, tendo havido uma redução de 17,28 km ou 20,57% da sua extensão devido às obras de retificação.

Ao longo de seu percurso, o rio Barigui demonstra um desnível de 360m entre a cota mais baixa de 860 m, na sua foz no rio Iguaçu, e a mais alta, na região das nascentes, de 1220 m acima do nível do mar. O desnível pode ser considerado significativo, dada a curta distância de aproximadamente 66,71 km, proporcionando condições para a erosão dos solos, inadequadamente conservados, a montante da bacia, originando carreamento de sedimentos em alta velocidade nos períodos chuvosos, com a acumulação nos meandros que dominam a paisagem desse rio, chegando às áreas planas situadas no terço inferior da bacia, alterando permanentemente o curso do rio, prejudicando seriamente o equilíbrio ecológico da região.

A comparação das malhas hidrográficas nas séries históricas produzidas possibilitou

avaliar o processo de alteração do percurso do rio Barigui e de seus afluentes, assim como da estrutura e riqueza das áreas lacustres. Os detalhes dessa avaliação demonstram que:

1. A malha hidrográfica produzida em 1952, ainda que pouco detalhada, demonstrou uma estrutura meândrica, com acumulação dinâmica de sedimentos, especialmente na região do baixo Barigui.
2. A hidrografia produzida pela SUDERHSA em 2002 evidenciou a eliminação de afluentes, quer seja por soterramento ou canalização, principalmente nas áreas de intensa ocupação urbana, principalmente na porção média da bacia (Figura 16).

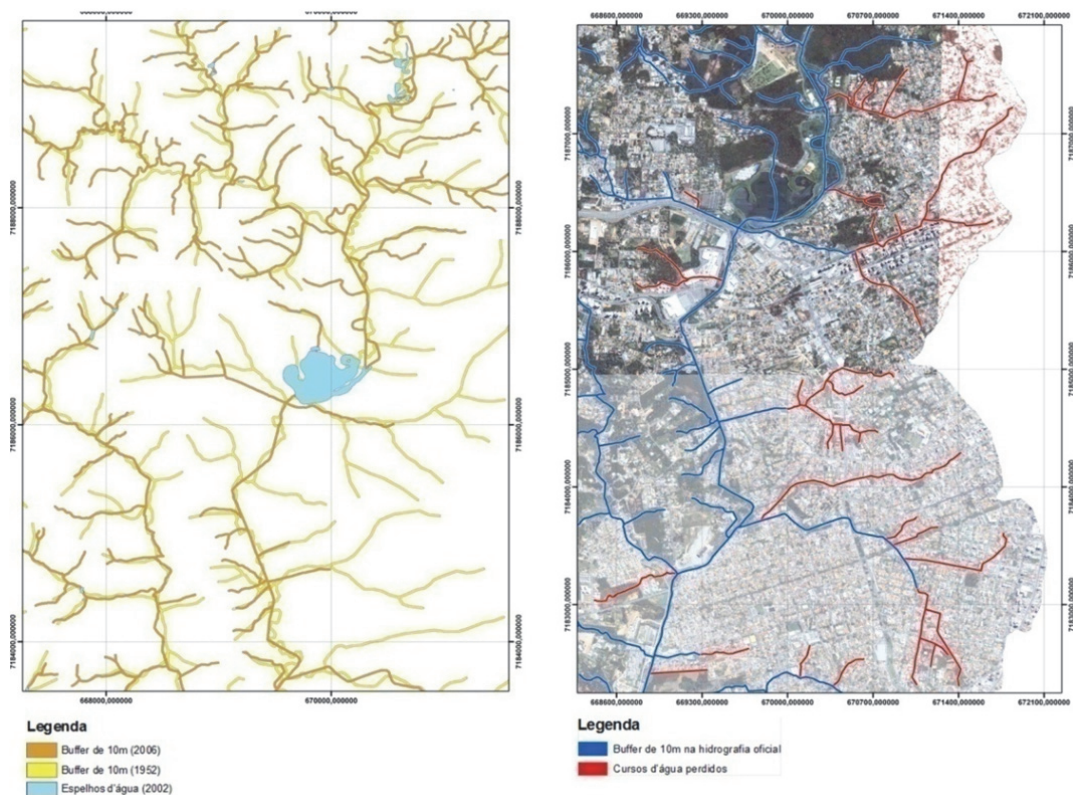


Figura 16 Comparação do buffer de 30 metros dos percursos do rio em 1952 e 2006 na região do lago Barigui. Na imagem da direita é apresentado um detalhe mostrando os afluentes perdidos (em vermelho), por soterramento, canalização ou entubamento, na mesma região.

3. A malha hidrográfica extraída das imagens de 2006 demonstrou que as mudanças, com relação à hidrografia de 2002, continuaram no sentido da eliminação de aflu-

entes nas áreas urbanas.

4. A retificação e o aprofundamento do canal do rio Barigui, obras iniciadas na década de 70, na porção inferior da bacia, e a canalização de parte dos afluentes proporcionaram maior velocidade ao fluxo da água na porção média e inferior da bacia, em áreas de contenção natural de água – planície de inundação/várzeas.

Assim, considerando unicamente o *buffer* de 50 m ao longo do rio Barigui, 30 m dos afluentes e 50 m ao redor das nascentes, a área total de APP das zonas ripárias era de 6417,7 ha em 2006, existindo 1527 nascentes com 1196,10 ha de APP.

Ainda, as áreas inundáveis, definidas com base na presença de solos hidromórficos e vegetação lacustre, perfazem 2667,62 ha ou 10,06% da área total da bacia.

Geologia:

O *layer* de geologia permitiu identificar as áreas da bacia ocupadas pelo aquífero *Karst*, aprimorar o *layer* de solos e delimitar as áreas inundáveis.

Nesta análise, foram utilizados *layers* de geologia, produzidos por Bigarella *et al.* (1965) e MINEROPAR (2002), que também fornece um *layer* de solos referenciados à geologia subjacente (Figura 17).

Na tabela 8 é apresentada a composição de unidades de mapeamento para os 26527,99 ha da bacia do rio Barigui.

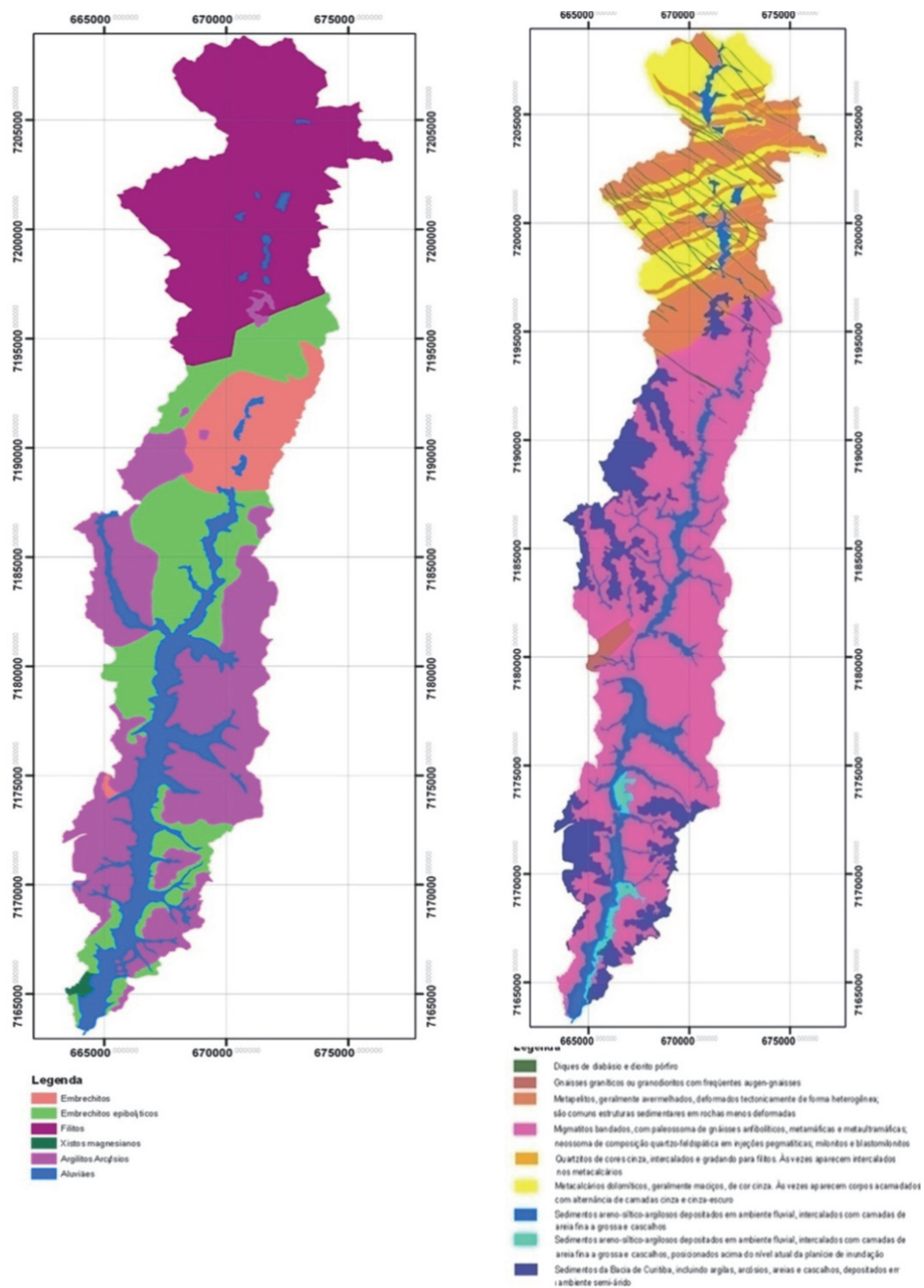


Figura 17 Na esquerda, geologia da bacia do Barigui segundo levantamento realizado por Bigarella *et al.* (1965). Na direita, mapeamento elaborado por MINEROPAR (2002) com a legenda na parte inferior da figura.

Tabela 8 Unidades de mapeamento da geologia da bacia do rio Barigui segundo MINEROPAR (2002), onde R&T=residuais e transportados e R=residuais.

Geologia	Aluviões atuais	Terraços aluvionares	Complexo Gnáissico-Migmatítico	Complexo Granítico-Gnáissico	Formação Capiu - Grupo Açungui	Formação Capiu - Grupo Açungui	Formação Capiu e Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granito-Gnáissico/quartzitos	Formação Guabirotuba	Intrusivas Básicas
Solos	Hidromórficos	Hidromórficos	R&T sobre o Complexo Gnáissico - Migmatítico	R&T sobre o Complexo Granítico - Gnáissico	R&T sobre metapelitos da Formação Capiu	R&T sobre unidades carbonáticas da Formação Capiu	R&T sobre rochas quartzíticas da Formação Capiu e dos complexos Gnáissico-Migmatítico e Granito-Gnáissico	R&T sobre a Formação Guabirotuba	Residuais sobre diabásio
Total	2387,94	279,68	12161,23	233,6	3958,13	3324,86	156,23	3393,86	590,42
%	9,00%	1,05%	45,84%	0,88%	14,92%	12,53%	0,59%	12,79%	2,23%

A geologia cárstica¹⁰:

Um aquífero *kárstico* ou karstificado é uma formação hidrogeológica formado por dissolução das rochas carbonáticas que leva ao aparecimento de extensas e bem delimitadas áreas rebaixadas onde ocorre a drenagem e acumulação de água em cavidades e dutos subterrâneos, com uma elevada fragilidade geotécnica.

No caso da bacia do Barigui, o Grupo Açungui e em especial a Formação Capiu, é a unidade geológica abriga o aquífero *Karst*, constituindo, por isso, uma das áreas consideradas como frágeis na bacia do rio Barigui, com uma área de 8424,2 ha, ou 11,75% da bacia, dos quais 3115,82 ha correspondem às formações aquíferas. Apesar de não ser significativamente expressiva em termos de área, esta região é de fundamental importância para entender o equilíbrio ecossistêmico da bacia já que nela se encontram as suas nascentes e porque o aquífero é a fonte de origem de grande parte da vazão de água do rio Barigui.

¹⁰ O termo *Karst* deriva da palavra eslovena *krs*, ou paisagem pedregosa (WILLIAMS, 1989). Hoje, em Português tende-se a usar os termos *carst* ou *carste*, transliterações ainda pouco utilizadas na bibliografia Brasileira.

A Formação Capiçu aflora na porção sudeste do Grupo Açungui e é composta, predominantemente, por metadolomitos, filitos e quartzitos e, secundariamente, por filitos grafitosos, metassiltitos e metamargas (SOARES, 1987; FIORI, 1990).

A deposição dos sedimentos carbonáticos da Formação Capiçu aconteceu em condições variáveis de mar raso, sujeitos à ação de ondas com frequentes estruturas estromatolíticas originadas por algas marinhas. A fotossíntese das algas consumiam CO₂ da água elevando o pH e ocasionando a precipitação dos carbonatos. Os dolomitos podem ter sido formados após a deposição (MARTINI, 1971).

As frequentes intercalações de quartzitos e filitos nos metadolomitos estariam relacionadas a mudanças do nível do mar, com desenvolvimento de depósitos carbonáticos em períodos de nível do mar alto e, nos períodos de nível baixo, ocorreria a da sedimentação terrígena, desde uma sedimentação litorânea (FIORI & GASPAR, 1993).

O fechamento da bacia ocorreu por volta de 650 milhões de anos atrás. Inicialmente, toda a bacia foi submetida a um intenso tectonismo representado por grandes cavalgamentos, reflexo da colisão continente-arco-continente (FIORI, 1994). Depois, com a bacia já fechada, no estágio final da colisão continente-continente, para o ajuste das saliências e reentrâncias dos blocos continentais em colisão, ocorreram dobramentos e falhamentos.

Os fraturamentos associados ao evento tectônico responsável por esse falhamentos desenvolveram algumas das direções mais significativas de geração de condutos e canais do sistema hidrogeológico *kárstico*. Conforme SOARES *et al.* (1997) os diques distribuem-se em toda a área como rochas intrusivas ao longo de fraturas, segundo as direções entre 40°N-60°W (Figura 18).

O soerguimento tectônico registrado no Mesozoico desencadeou o processo de remoção das rochas metassedimentares do Grupo Açungui na região, com a formação no Terciário de um nível definido de erosão, representado pelo nivelamento de cristas quartzíticas e filíticas com cotas variando entre 1000 e 1200 m. Esse tipo de superfície foi designado por BIGARELLA *et al.* (1965) de Superfície Residual do Alto Iguaçu.

Segundo SOARES *et al.* (1997), no Quaternário, depósitos aluvionares são formados nas várzeas do rio Barigui, que com espessuras de até 10 m e caracterizando-se por sedimentos mal selecionados e inconsolidados, constituídos de uma camada superficial de argila preta e intercalações de material siltico-argiloso e siltico-arenosos com níveis de fragmentos e seixos de diversas litologias. Em porções restritas da área, ao norte da bacia, ocorre a presença de sedimentos calcíferos siltosos preenchendo planícies *kársticas*.

As rochas carbonáticas do Grupo Açungui são metassedimentos formados por mármore calcíticos e dolomíticos intercalados a rochas de composição silicatada, como filitos e quartzitos. Essas rochas estão orientadas, segundo a direção geral, NE-SW e fazem contato com granitóides do embasamento cristalino, através de falhas com direção geral NE-SW. Ainda, em função de múltiplos eventos impostos durante a evolução geotectônica da área, elas apresentam-se intensamente fraturadas. Estas discontinuidades, aliadas à exposição da área a um clima úmido desde o Quaternário, contribuíram de maneira fundamental para o desenvolvimento da karstificação no seu interior (SOARES *et al.*, 1997).

Ou seja, o sistema *kárstico* caracteriza-se pela capacidade de dissolução das rochas metacarbonáticas, em função das condições geoclimáticas da região, formando assim os aquíferos dos terrenos carbonáticos. Os processos de dissolução ampliaram extraordinariamente o volume de vazios, criando uma significativa capacidade de armazenamento subterrâneo de água (LISBOA, 1992).

O relevo na região *kárstica* na bacia do rio Barigui é caracterizado por um desnível médio de 80 m, atingindo um máximo de 200 m nas proximidades dos vales mais entalhados. O relevo nas áreas mais altas com ocorrência de nascentes é composto por quartzitos e filitos intercalados, enquanto as pequenas planícies deprimidas e vales alongados correspondem a áreas com predominância de rochas carbonáticas.

Os diques de diabásio ocorrem como vales definidos por cristas de filitos e quartzitos, com padrão geométrico losangular, desenvolvendo compartimentos de rochas carbonáticas com alta porosidade e permeabilidade. Cada losângulo representa uma unidade, que pode

também ser entendida, analogicamente, como uma "célula", com características similares às demais, porém com comportamento independente, do ponto de vista hidráulico (LISBOA, 1992).

O sistema *kárstico* muito embora dominante no norte da bacia do Barigui, ultrapassa seus limites e também está presente nas bacias vizinhas, como a do rio Passaúna.

Na bacia do Barigui, o aquífero *Karst* ocupa 8424,21 ha na região superior, no município de Almirante Tamandaré, onde se encontram as nascentes mais importantes do rio e cuja vazão é grandemente influenciada pela disponibilidade de água subterrânea. Daquela área, os compartimentos do aquífero ocupam 3324,86 ha, ou 39,47 %, o que significa 12,53 % da bacia como um todo.

A bibliografia brasileira sobre os problemas geotécnicos advindos da ocupação de áreas *karstificadas* é relativamente escassa, concentrando-se basicamente em estudos de barragens junto a áreas de calcários dos vales dos rios São Francisco e Ribeira e estudos restritos sobre a ocorrência de afundamentos do terreno junto às regiões urbanas de Cajamar/SP - 1986, Mairinque/SP - 1981, Sete Lagoas/MG - 1987 e 1988 (PRANDINI *et al.* 1990).

A SANEPAR em 1996 e 2000 promoveu a elaboração da primeira e segunda versões do Estudo de Impacto Ambiental do Aquífero *Karst* com fins a sua exploração. Nestes EIA's é estabelecido que o rebaixamento dos níveis de água seja o fator que mais interfere na deflagração e aceleração de subsidências e colapsos de cavidades (cavernas). A bibliografia consultada nesses trabalhos para países que já enfrentam os reflexos da ocupação dos terrenos *kársticos* indica uma alta fragilidade e a impossibilidade de prever o lugar, as dimensões e o momento da ocorrência de subsidências e colapsos, o que significa um sério risco para os ocupantes da área.

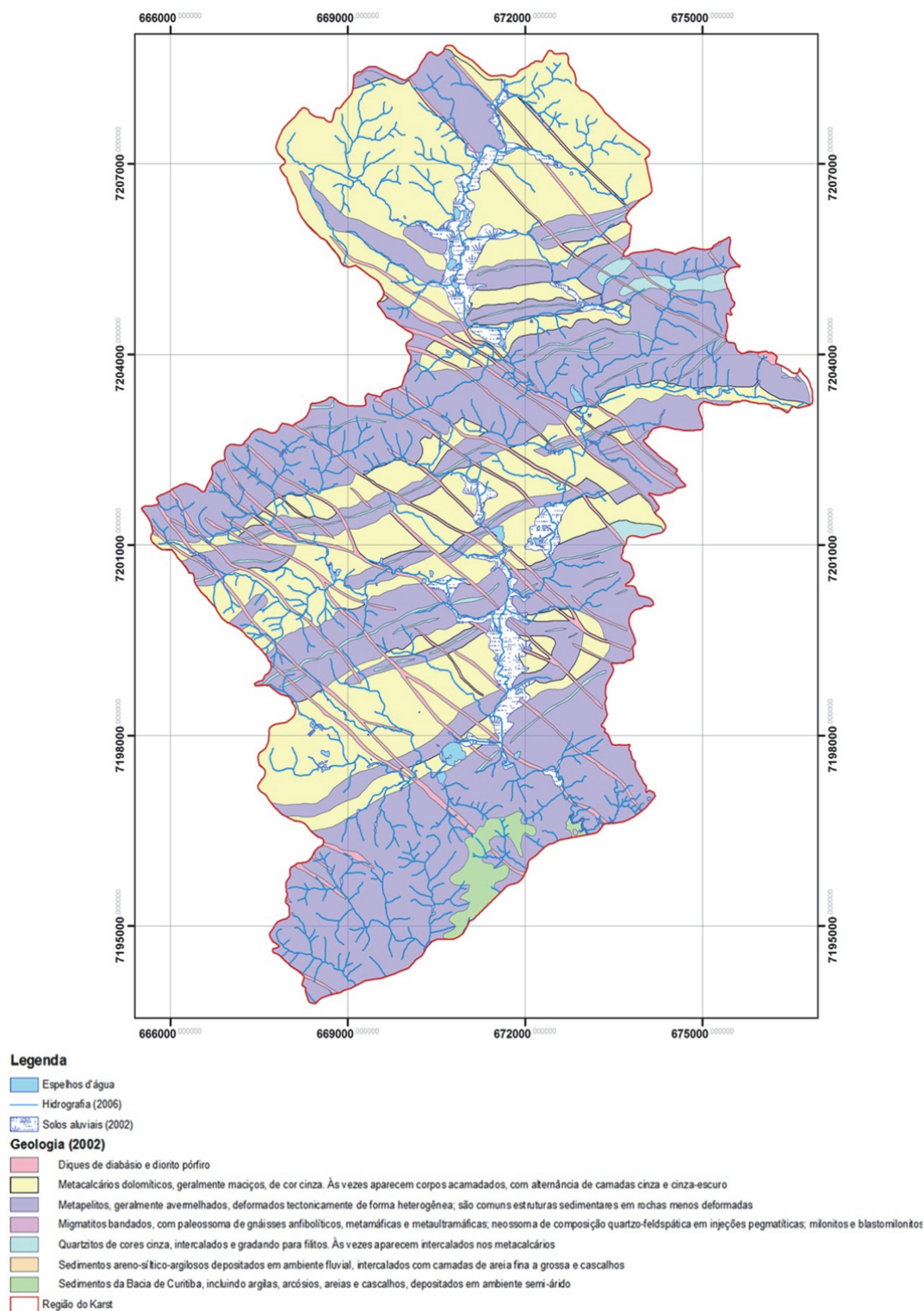


Figura 18 Região cárstica da bacia do rio Barigui. Os compartimentos do aquífero são apresentados em amarelo.

Por ser um sistema de condutos subterrâneos com a presença de cavernas, a conservação deste aquífero pode ser enquadrada na Resolução 347/04. No entanto, devido a que o *Karst* é uma complexa estrutura subterrânea com apenas algumas áreas abertas através de cavernas, a proteção que essa Resolução oferece é relativa e deve ser complementada com um tratamento diferenciado para o conjunto da área no momento da definição de diretrizes de zoneamento e controle do uso dos recursos. É amplamente aceito o fato de que, para conservar os sistemas *kársticos* é necessário conservar os ecossistemas na superfície que os cobre (JONES *et al.*, 2003), pelo qual, as áreas de ocorrência deste aquífero estão sendo tratadas em separado nesta avaliação das fragilidades da bacia do Barigui.

O Decreto Estadual N° 3411/2008 define como áreas de interesse os mananciais de abastecimento público da RMC, sendo que no seu Artigo 4º, inciso V, o *Karst* passa a considerá-los como área de proteção com uso e ocupação controlados de forma a garantir suas condições de qualidade hídrica.

Solos:

Do total de 26.527,99 ha da bacia, apenas 18.823,22 ha contam com levantamento e mapeamento de solos realizado por EMBRAPA (1984), e também por Rauen & Bognolo para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental da exploração do Aquífero *Karst*, em 1996. Devido à área central da bacia estar coberta por ocupação urbana, não foi realizada qualquer sondagem e levantamento dos solos presentes nessa porção (Figura 19).

Os solos da região da bacia do Barigui são, em sua maioria, de média a baixa fertilidade e/ou localizados em áreas com restrições de relevo ou drenagem, com usos recomendados para sistemas agroflorestais e pastagem, e que requerem manejo adequado para sua conservação e uso, dentro dos parâmetros estabelecidos na legislação.

Para atingir os objetivos propostos na presente tese o mapeamento foi complementado por inferência para abranger o conjunto da bacia, utilizando-se de dados de hidrografia, relevo e declividade, considerando as características da geologia da área.

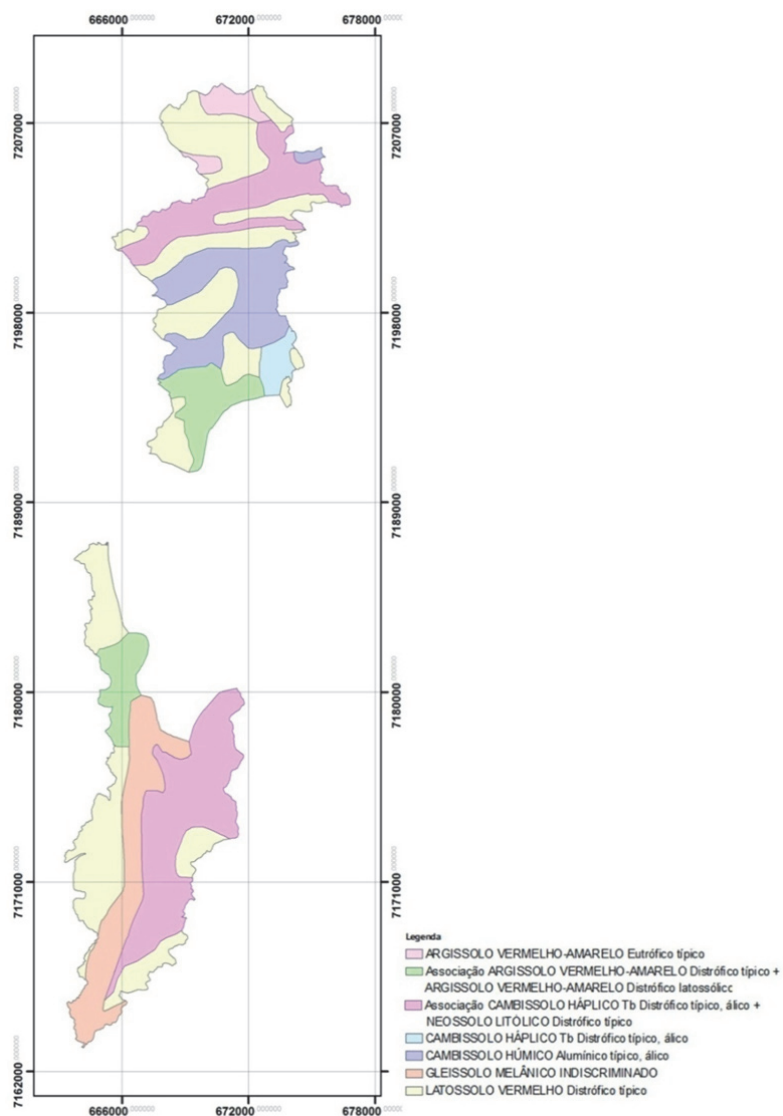


Figura 19 Área da bacia com mapeamento original de solos elaborado pela EMBRAPA (1984).

Na figura 20 o cruzamento dos solos mapeados por EMBRAPA (1984) com a geologia mapeada pela MINEROPAR (2002).

Do cruzamento entre a geologia, produzidos pela MINEROPAR (2002), e os solos, mapeados por EMBRAPA (1984), foi possível extrair algumas correlações relacionadas ao relevo do terreno e à origem dos mesmos. Assim, estas correlações espaciais foram utilizadas para estender o mapeamento dos solos realizado pela EMBRAPA para toda a bacia.

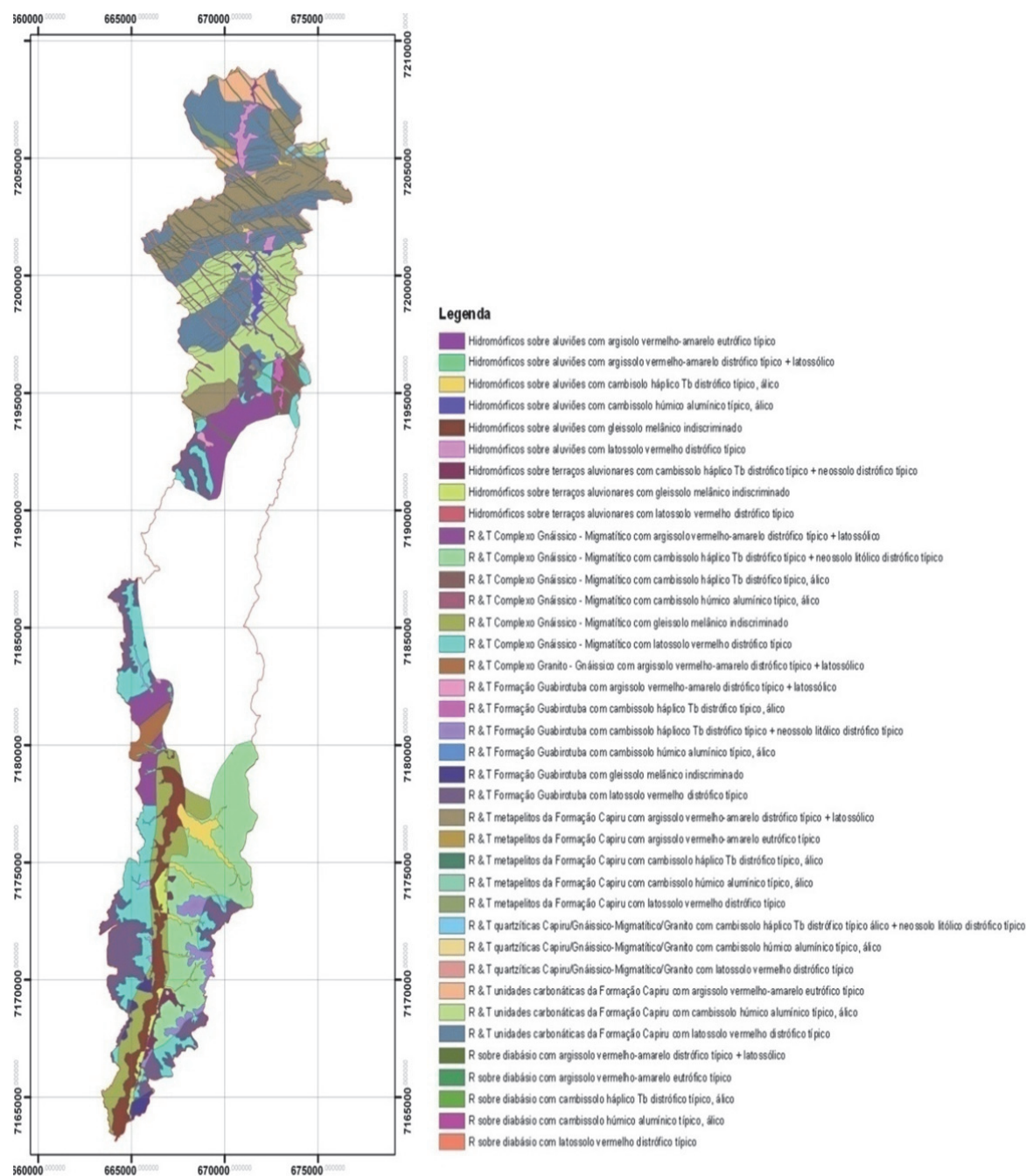


Figura 20 Correlação dos solos mapeados por EMBRAPA com a geologia da bacia do Barigui.

Na sequência são apresentadas tabelas com as correlações espaciais entre solos e substrato geológico.

A correlação espacial de solos com aluviões atuais, como o esperado, demonstrou que

os solos dominantes nas áreas de aluvião atuais são Gleissolos melânicos indiscriminados (Tabela 9), com 53,36% da área, associados à Cambissolos (28,79%).

Tabela 9 Solos sobre aluviões atuais.

Aluviões atuais	TOTAL (ha)	%
Argissolos Vermelho-amarelos Distróficos	30,97	1,88%
Argissolos Vermelho-amarelos Eutróficos	22,68	1,38%
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	346,30	21,01%
Cambissolos Húmicos Alumínicos	128,30	7,78%
Gleissolos Melânicos	879,59	53,36%
Latossolos vermelhos Distróficos	240,47	14,59%
	1648,32	

Os terraços aluvionares são totalmente cobertos por Gleissolos melânicos indiscriminados (53,95%) associados à Cambissolos (45,17%) (Tabela 10).

Tabela 10 Solos sobre terraços aluvionares.

Terraços aluvionares	TOTAL (ha)	%
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	126,33	45,17%
Gleissolos Melânicos	150,90	53,95%
Latossolos vermelhos Distróficos	2,45	0,88%
	279,68	

O Complexo Gnáissico-Migmatítico é coberto por uma proporção de Cambissolos, Latossolos vermelhos, Argissolos e Gleissolos, com dominância dos Cambissolos (41,61%) (Tabela 11). Contudo, essa correlação não foi suficiente para associar claramente seus limites com os da geologia. Ainda, o relevo plano a suave-ondulado das áreas de ocorrência desta tipologia geológica e a hidrologia são elementos importantes na correlação com os solos.

Tabela 11 Solos sobre o Complexo Gnáissico-Migmatítico.

Complexo Gnáissico-Migmatítico	TOTAL (ha)	%
Argissolos Vermelho-amarelos Distróficos	1118,08	17,02%
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	2483,11	41,61%
Cambissolos Húmicos Alumínicos	0,60	0,01%
Gleissolos Melânicos	1044,86	15,91%
Latossolos vermelhos Distróficos	1672,11	25,45%
	6568,93	

A área do Complexo Granítico-Gnáissico é inexpressiva e está coberta por Argissolos (Tabela 12).

Tabela 12 Solos sobre o Complexo Granítico-Gnáissico.

Complexo Granítico-Gnáissico	TOTAL (ha)	%
Argissolos Vermelho-amarelos Distróficos	213,72	100,00%

A Formação Capiru – Grupo Açungui é coberta por Cambissolos e Latossolos vermelhos na quase sua totalidade (Tabela 13).

Tabela 13 Solos sobre Formação Capiru - Grupo Açungui.

Formação Capiru - Grupo Açungui	TOTAL (ha)	%
Argissolos Vermelho-amarelos Eutróficos	31,22	5,19%
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	2044,34	28,39%
Cambissolos Húmicos Alumínicos	1865,55	25,91%
Latossolos vermelhos Distróficos	90,45	40,51%
	7200,60	

A geologia da Formação Capiru e Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granito-Gnáissico/quartzitos estão cobertos, quase que totalmente, por Cambissolos (Tabela 14).

Tabela 14 Solos sobre a Formação Capiru e Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granito-Gnáissico/quartzitos.

Formação Capiru e Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granito-Gnáissico/quartzitos	TOTAL (ha)	%
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	73,97	47,75%
Cambissolos Húmicos Alumínicos	58,16	37,54%
Latossolos vermelhos Distróficos	22,78	14,71%
	154,91	

A Formação Guabirotuba apresenta uma correlação significativa com Latossolos vermelhos distróficos (75,60%) (Tabela 15).

Tabela 15 Solos sobre a Formação Guabirotuba.

Formação Guabirotuba	TOTAL (ha)	%
Argissolos Vermelho-amarelos Distróficos	34,44	1,55%
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	55,77	15,33%
Cambissolos Húmicos Alumínicos	18,59	0,84%
Gleissolos Melânicos	147,74	6,67%
Latossolos vermelhos Distróficos	1674,83	75,60%
	2215,27	

As rochas intrusivas básicas têm presença marcante de Cambissolos e Latossolos, sendo, porém uma geologia inexpressiva no contexto da bacia (Tabela 16).

Tabela 16 Solos sobre rochas intrusivas básicas.

Rochas Intrusivas Básicas	TOTAL (ha)	%
Argissolos Vermelho-amarelos Eutróficos	32,26	5,96%
Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	22,37	35,45%
Cambissolos Húmicos Alumínicos	134,88	24,94%
Latossolos vermelhos Distróficos	181,97	33,65%
	540,85	

Na sequência, são apresentados mapas com a correlação espacial entre declividades e tipos de solos (Figura 21).

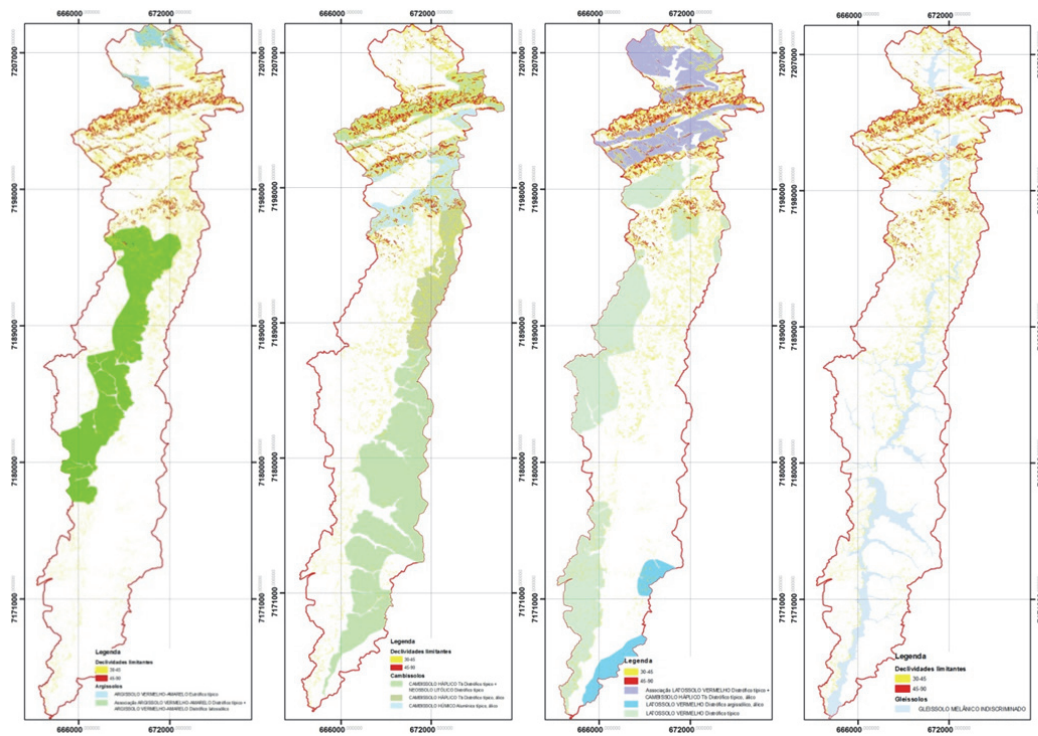


Figura 21 Correlação espacial entre os diferentes grupos de solos da bacia do Barigui: Argissolos (esquerda), Cambissolos (centro-esquerda), Latossolos (centro-direita) e Gleissolos (direita).

Assim, depois de realizadas as correlações espaciais entre solos e geologia, associando-as ao traçado da hidrografia, do relevo e das declividades, foi produzido o mapa de solos para a bacia do rio Barigui, apresentado na figura 22.

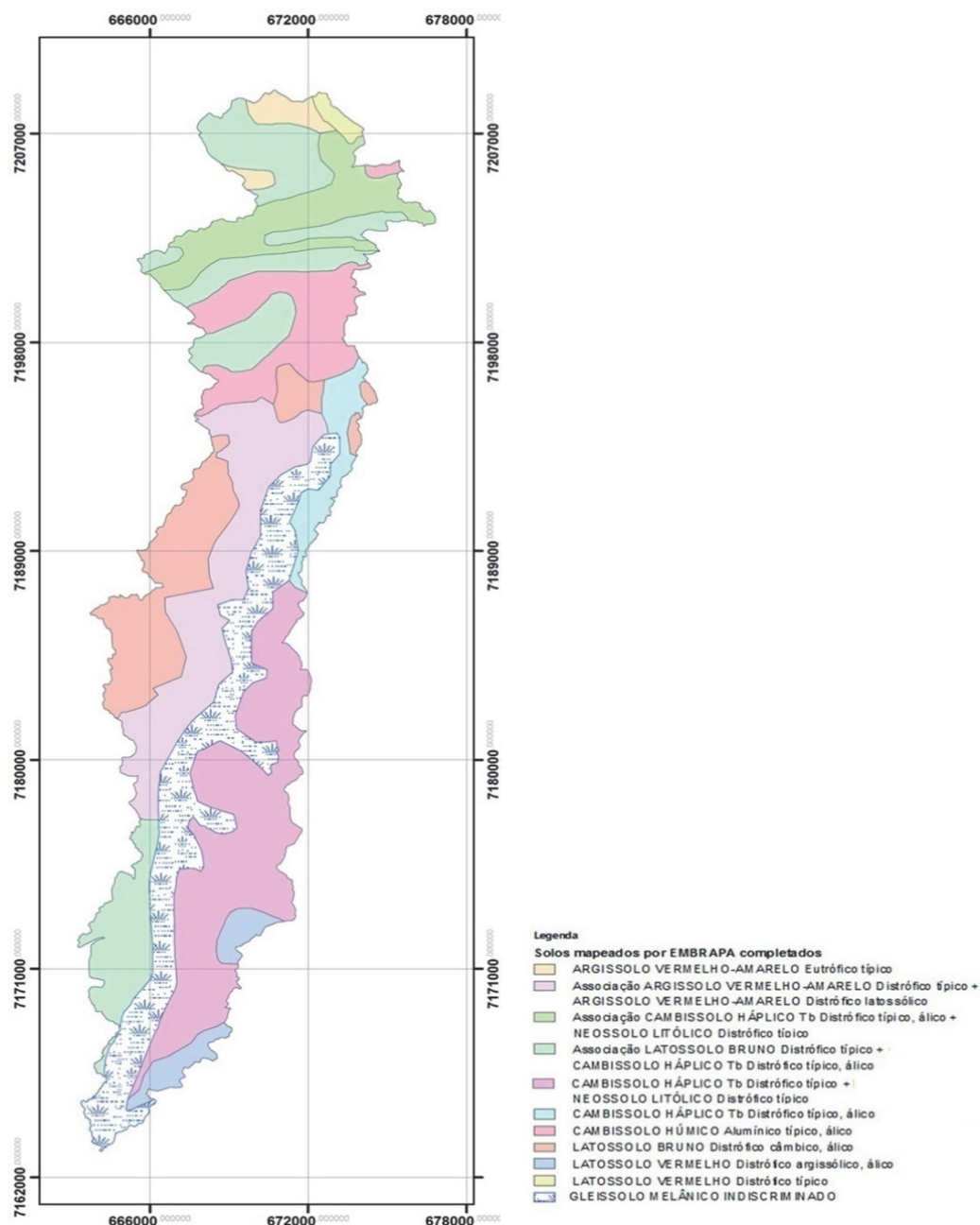


Figura 22 Mapeamento dos solos da bacia do Barigui gerada a partir do mapeamento de EMBRAPA (1984), complementado com o cruzamento com geologia, hidrografia, relevo e declividades.

Contudo, muito embora o levantamento feito por EMBRAPA em 1984 ser reconhecido, constatou-se que o mesmo não conta com um grau de precisão, pois não acompanha o delineamento das feições do relevo e de localização dos recursos hídricos, o que leva a conflitos e incongruências. Logo, utilizando-se do mapeamento da MINEROPAR (2002) e das

feições do relevo e da hidrografia gerados na presente tese, foram adequados os limites das unidades de solos, tanto ao longo dos rios, como na consistência com a arquitetura geomorfológica gerada pela presença do aquífero *Karst* na porção norte da bacia.

Assim, o mapeamento resultante é apresentado a seguir na figura 23.

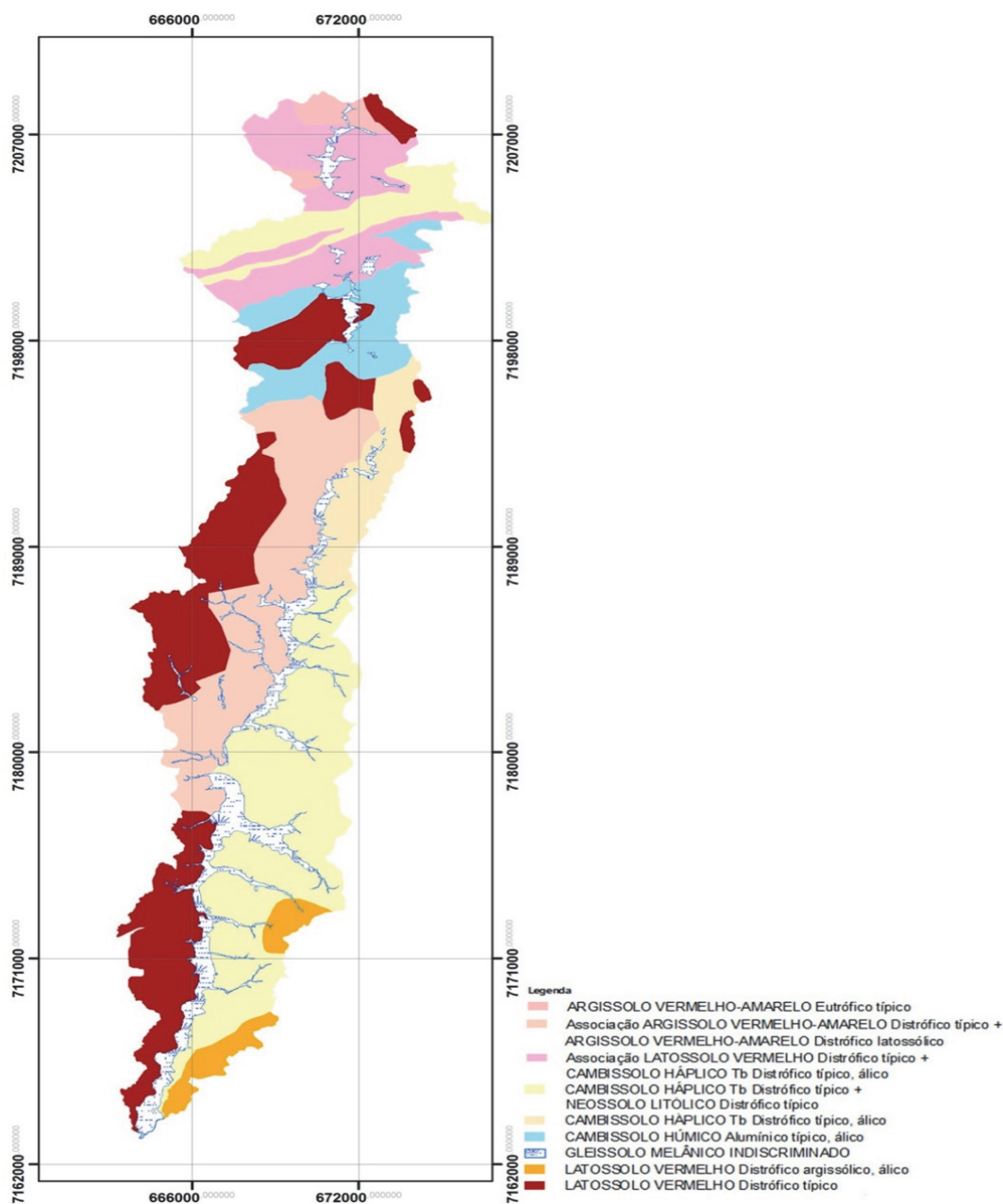


Figura 23 Mapa de solos ajustado seguindo o traçado da hidrografia, áreas inundáveis e regiões com variações significativas de relevo e declividade do terreno.

Nas tabela 17 são apresentados os solos presentes na bacia do rio Barigui, com suas proporções em área.

Tabela 17 Solos da bacia do Barigui.

Tipo de Solo		Área (ha)	% bacia
Cambissolos háplicos distróficos			
Cambissolos háplicos distróficos típicos álicos	Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente, pouco evoluídos, pouco profundos ou rasos, muitas vezes associados à Neossolos litólicos e afloramentos de rochas. Podem estar associados ou próximos a Latossolos Vermelho-amarelos, dos quais se diferenciam pela sua menor espessura do horizonte B dos Cambissolos. Em geral estes solos são ácidos e de baixa fertilidade.	1391,53	5,25%
Cambissolos háplicos distróficos típicos associados à Neossolos litólicos distróficos típicos		7047,85	26,57%
Total de Cambissolos		8439,38	31,82%
Argissolos vermelho-amarelos			
Argissolos Vermelho-amarelos eutróficos típicos	Solos com horizonte B textural, baixa saturação em bases, textura média a argilosa e fertilidade média a baixa.	3823,13	14,41%
Argissolos vermelho-amarelos distróficos típicos associados à Argissolos vermelho-amarelos distróficos latossólicos		4048,39	15,26%
Total de Argissolos vermelho-amarelos		7871,52	29,67%
Latossolos vermelhos			
Latossolos vermelhos distróficos típicos	Solos com horizonte B subsuperficial intemperizado e profundo, baixa capacidade de troca catiônica, textura franco-arenosa, bem drenados, ácidos e de baixa fertilidade.	2792,55	10,53%
Latossolos vermelhos distróficos câmbico álico		416,24	1,57%
Latossolos vermelhos distróficos argissólico, álico		3838,95	14,47%
Latossolos vermelhos distróficos típicos associados a Cambissolos háplicos distróficos típicos álicos		784,93	2,96%
Total Latossolos vermelhos		7832,67	29,53%
Gleissolos			
Gleissolos melânicos indiscriminados	Solos minerais, hidromórficos, com horizonte A seguido de horizonte glei. Solos pouco evoluídos, originados em sedimentos quaternários, muito mal drenados, com o lençol freático elevado e, por isso, saturados em água por longos períodos.	2390,84	9,01%

6.1.2 O meio biótico

Vegetação:

A área do presente estudo, regida pelo clima Cfb (MAACK, 1981), encontra-se inserida no domínio da região fitoecológica Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Estepe. Na FOM

duas sub-formações são características na bacia do rio Barigui: a Floresta Ombrófila Mista Montana e a Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

A Floresta Ombrófila Mista Montana consiste numa floresta densa, sombria e exuberante, composta por espécies praticamente sem adaptação à seca, sendo *Araucaria angustifolia*, com suas folhas esclerófilas, uma das raras exceções. Algumas espécies presentes perdem as folhas no inverno, o que faz com que nesta época a luminosidade no interior da floresta seja maior, embora a porcentagem de caducifólias não ultrapasse 20% do total (BOLÓS, CERVI & HATSBACH, 1992).

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial corresponde às florestas ripárias, também denominadas de florestas ciliares ou de galeria, que se desenvolvem às margens de rios que percorrem terrenos de geomorfia plana até suave-ondulada, não raro fazendo limite a várzeas (formações pioneiras) de extensão variável. Podem apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades simplificadas pelo grau de hidromorfia dos solos – Neossolos Flúvicos e Gleissolos –, onde *Sebastiania commersoniana* (B.) L. B. Smith & R. J. Downs (Euphorbiaceae) é a espécie mais característica, até associações mais complexas, em que *Araucaria angustifolia* tem participação expressiva na fisionomia (RODERJAN *et al.*, 2002). É considerada clímax edáfico.

A Planta Fitogeográfica elaborada por Klein e Hatschbach (1952), demonstra que a vegetação florestal original do primeiro planalto paranaense já àquela época se encontrava em processo de substituição, resultado de uma forte e descontrolada intervenção do homem sobre a floresta, motivada pela busca de madeiras de lei.

Assim, na bacia do rio Barigui a vegetação florestal foi sistematizada em:

1. Floresta Ombrófila Mista Avançada
2. Floresta Ombrófila Mista Intermediária
3. Floresta Ombrófila Mista Inicial

Assim, de acordo com a tabela 18, a formação Floresta Ombrófila Mista Inicial ocupava 18,25% da área total da bacia. Ainda, a FOM inicial arbórea, composta por bracatingais

formavam, o que os autores acima citados denominavam “densas e vastas florestas artificiais” ou seja, povoamentos de *Mimosa scabrella*.

A Floresta Ombrófila Mista Intermediária, vegetação secundária, de porte arbóreo, ocupava 14,11% da área da bacia.

Tais percentuais se somados (32,36%) revelam que já era intenso à época o processo de degradação da vegetação original, a qual perfazia somente 14,44%, ou seja, a vegetação alterada praticamente já era mais que duas vezes a área com remanescente da vegetação original.

Tabela 18 Cobertura vegetal em 1952.

	Estepe	FOM Avançada	FOM Intermediária	FOM Inicial arbustiva	FOM Inicial arbórea	Formação Pionei- ra de Influência Fluvio Lacustre
Total	4495,48	3819,41	3731,99	359,04	4466,69	2579,54
Média	112,39	11,64	15,3	5,2	45,12	66,14
Máximo	3336,08	1450,99	298,36	29,87	1845,51	1705,44
Mínimo	0,02	0,01	0,02	0,63	0,52	0,06
Numero	40	328	244	69	99	39
%	17,00%	14,44%	14,11%	1,36%	16,89%	9,76%

A Estepe, conhecida popularmente por campos, formação típica do primeiro planalto paranaense, é, de acordo com RODERJAN *et al.* (2002), uma vegetação de constituição essencialmente graminóide, estabelecida em terrenos suave ondulados, entremeada por “capões”, ou seja, núcleos da floresta com a composição original da Floresta Ombrófila Mista.

Este tipo de vegetação na época de 1952 ocupava 17% da bacia, não sendo possível dizer na presente avaliação se já havia perdido espaço para atividades antrópicas. Uma possibilidade é que os campos eram usados como pastagem natural para a criação de gado e de outros animais.

Já nos terrenos de várzea, de Gleissolos, influenciados pelo regime hídrico dos rios, desenvolve-se uma vegetação herbácea denominada por Formações Pioneiras com Influência Flúvio-lacustre. Este tipo de vegetação foi denominado por Klein e Hatschbach (1952) de campos edáficos ou campos de inundação. Nessa época, as várzeas ocupavam 9,76% da

bacia. Tal percentual pode ser considerado expressivo, uma vez que ocorre em situações específicas do terreno, como já descrito.

Com base na Planta Fitoecológica Idealizada no presente trabalho, a bacia do rio Barigui com uma área equivalente à 26441,35ha, teria tido 19452,15ha, ou seja, 73,57% da área da bacia era composto por vegetação natural característica do Planalto de Curitiba .

6.1.3 Uso do solo na bacia

A bacia do rio Barigui é um caleidoscópio ecossistêmico, com um variado e representativo conjunto de formas de ocupação do espaço e uso dos recursos para a RMC. Nela são encontrados ecossistemas cavernícolas, em áreas dobradas de relevo, dominadas outrora por ecossistemas florestais sujeitos a variações altitudinais significativas, e por extensas áreas com vegetação de várzea.

Atualmente, a bacia encontra-se sujeita a uma intensa, agressiva e insustentável ação antrópica, não só pelo crescimento urbano da cidade de Curitiba como pela tendência à ocupação das áreas inundáveis, de alta fragilidade, do médio e baixo rio Barigui, acrescido do lançamento de efluentes domésticos e industriais, mas também pela ação da mineração realizada de forma predatória, tanto em áreas frágeis do ecossistema *kárstico*, como no delicado sistema de drenagem e circulação de nutrientes das várzeas próximas à desembocadura no rio Iguaçu.

Ainda, as atividades produtivas de agricultura, pecuária e manejo da bracatinga não respeitam as fragilidades decorrentes do relevo e do sistema de recarga dos aquíferos, o que coloca em risco tanto a qualidade da água como a sobrevivência das espécies mais sensíveis a agrotóxicos e material carregado pela erosão.

Ainda, a área urbana do município de Almirante Tamandaré encontra-se sobre as áreas mais frágeis dos compartimentos *kársticos*, o que inevitavelmente acarreta problemas geotécnicos de solapamentos e rachaduras, colocando permanentemente em risco a população. A presença de poços tubulares da SANEPAR para a extração de água para abastecimento, ainda que produzindo praticamente no seu mínimo de vazão, também vem a con-

tribuir para o aumento desses riscos.

A seguir são apresentadas as estatísticas analíticas da ocupação da bacia na série histórica em estudo.

Faz-se aqui a ressalva de que podem existir diferenças na área entre os anos analisados, nas unidades de mapeamento geradas na restituição planimétrica e no processo de análise espacial por sobreposição entre os diferentes *layers*. No entanto, as diferenças percebidas podem ser consideradas não significativas, pois não mudam o resultado da interpretação final das análises.

Assim, em 1952, segundo o mapeamento realizado por KLEIN & HATSCHBACH (1952), a ocupação da bacia, em hectares, é apresentado na tabela 19 e figura 24.

Tabela 19 Uso do solo em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Intermediária	FOM Inicial arbustiva	FOM Inicial arbórea	FP Fluvio Lacustre
Total	1386,81	5602,39	0	4495,48	3819,41	3731,99	359,04	4466,69	2579,54
Média	23,11	14,51	0	112,39	11,64	15,3	5,2	45,12	66,14
Máximo	827,92	301,58	0	3336,08	1450,99	298,36	29,87	1845,51	1705,44
Mínimo	0,03	0,02	0	0,02	0,01	0,02	0,63	0,52	0,06
Número	60	386	0	40	328	244	69	99	39
	5,24%	21,19%	0	17,00%	14,44%	14,11%	1,36%	16,89%	9,76%

Em 2000, de acordo com o resultado da restituição planimétrica das ortoimagens do ITCG, a ocupação da bacia apresentou os seguintes valores, conforme demonstrado na tabela 20 e figura 25, a seguir.

Tabela 20 Uso do solo em 2000.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Intermediária	FOM Inicial arbustiva	FOM Inicial arbórea	FP Fluvio Lacustre
Total	16092,47	1046,73	135,31	135,31	738,95	3316,52	3316,52	5106,22	5106,22
Média	83,38	9,43	1,16	1,16	67,18	4,98	4,98	51,58	51,58
Máximo	7843,94	348,77	18,46	18,46	424,6	205,61	205,61	1558,76	1558,76
Mínimo	0,02	0,05	0,04	0,04	1,52	0,03	0,03	0,06	0,06
Numero	193	111	117	117	11	666	666	99	99
%	60,87%	3,96%	0,51%	0,51%	2,80%	12,55%	12,55%	19,32%	19,32%

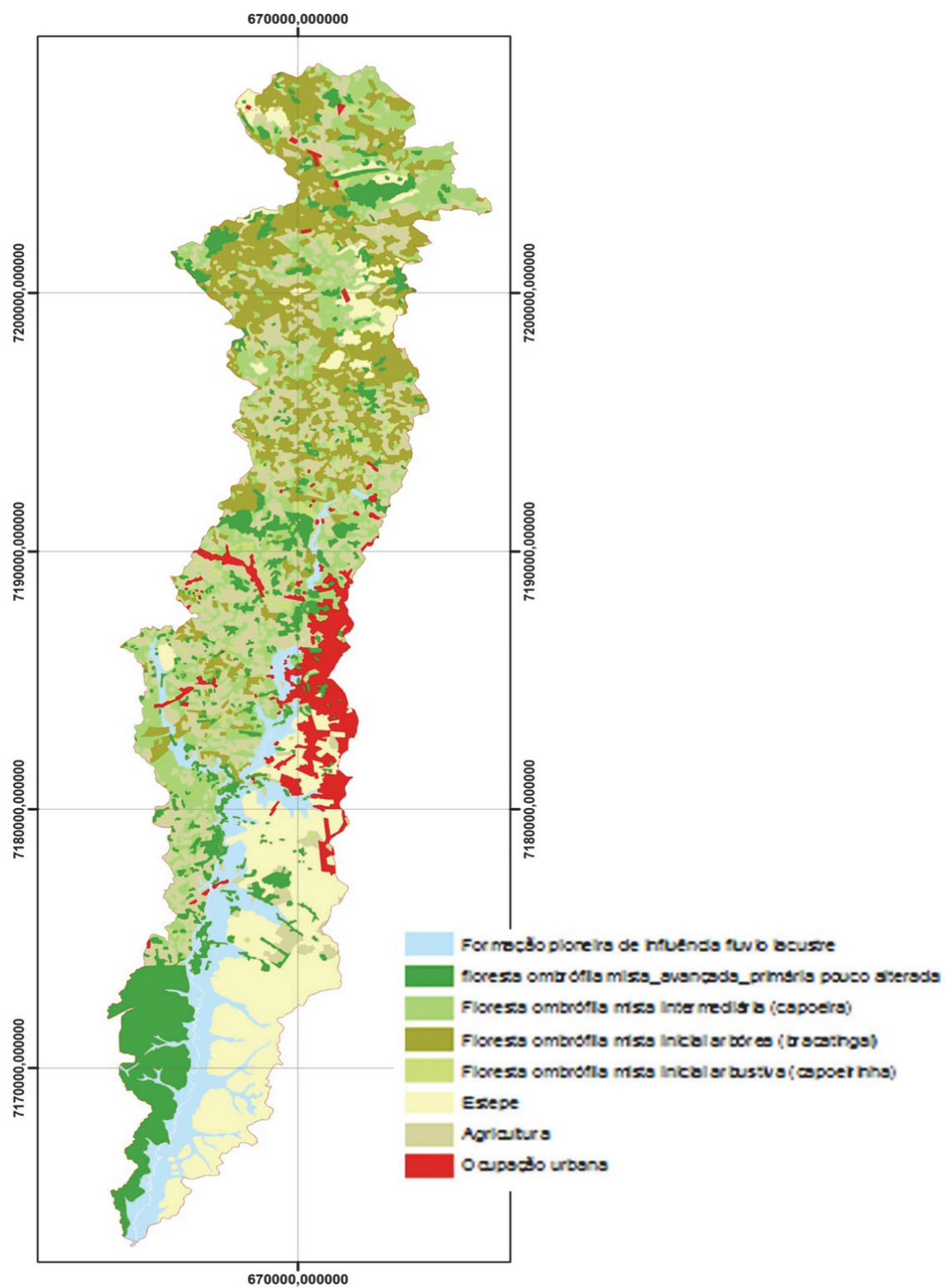


Figura 24 Uso do solo em 1952.

Em 2006, de acordo com o resultado na restituição planimétrica das ortoimagens orbitais, a ocupação da bacia teve relevantes mudanças, demonstradas na tabela 21 e figura 26.

Tabela 21 Uso do solo em 2006

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Intermediária	FOM Inicial arbustiva	FOM Inicial arbórea	FP Flúvio Lacustre
Total	16177,72	1136,6	174,08	0	738,95	3207,01	0	5013,33	0
Média	91,92	10,33	1,22	0	67,18	4,9	0	48,21	0
Máximo	7904,08	348,77	27,07	0	424,6	198,17	0	1504,66	0
Mínimo	0,01	0,2	0,04	0	1,52	0,03	0	0,01	0
Número	176	110	143	0	11	654	0	104	0
%	61,17%	4,30%	0,66%	0	2,79%	12,13%	0	18,96%	0

Na comparação dessa série histórica, as áreas urbanas que em 1952 ocupavam 5,24% da bacia, em 2000 ocupavam 60,87% e em 2006, 61,17%. O aumento dessas áreas deu-se em parte sobre as áreas dedicadas à agricultura, que inicialmente ocupavam 21,19% da bacia e em 2006 limita-se a 4,30%. Ou seja, a bacia do rio Barigui em 1952 era a área rural dos municípios nela compreendidos, sendo que hoje Curitiba é um município integralmente urbano.

A menor variação em área na ocupação urbana entre 2000 e 2006 é decorrente do aumento da densidade na urbanização, desaparecendo áreas baldias e aumentando o número de edificações.

Para o período de 1952, a cobertura de Formação Pioneira de Influência Flúvio-lacustre que ocupava 9,76%, e a cobertura com Estepe que ocupava 17,00% da área da bacia, praticamente desapareceram em 2006. Aquelas áreas cederam espaço, em sua maior parte, para a expansão urbana. Deve-se salientar que foi no período entre 2000 e 2006 que a vegetação lacustre desapareceu totalmente. Tal fato pode estar correlacionado ao surgimento de loteamentos e outras ocupações não regulares ao longo do rio naquele período.

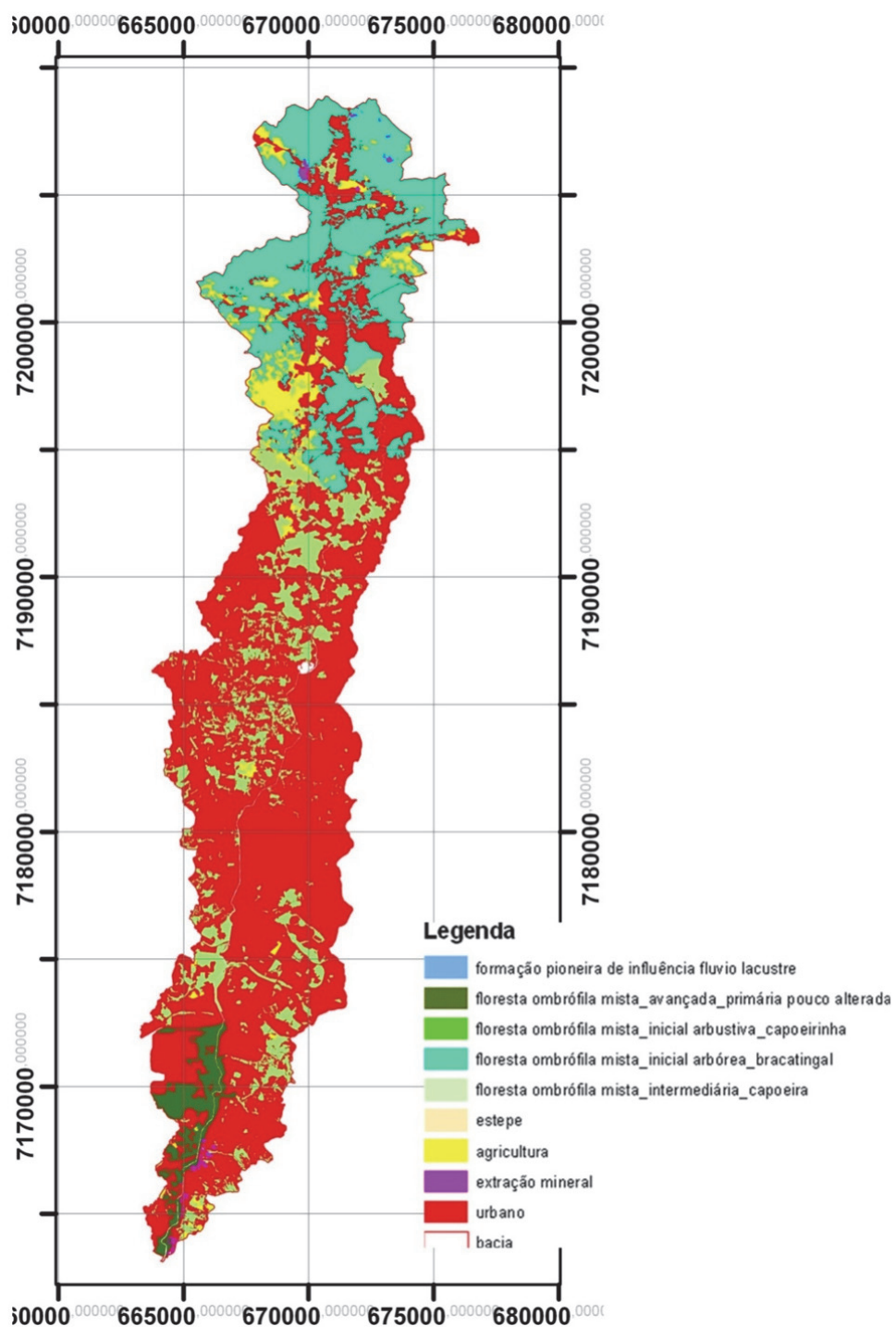


Figura 25 Uso do solo em 2000.

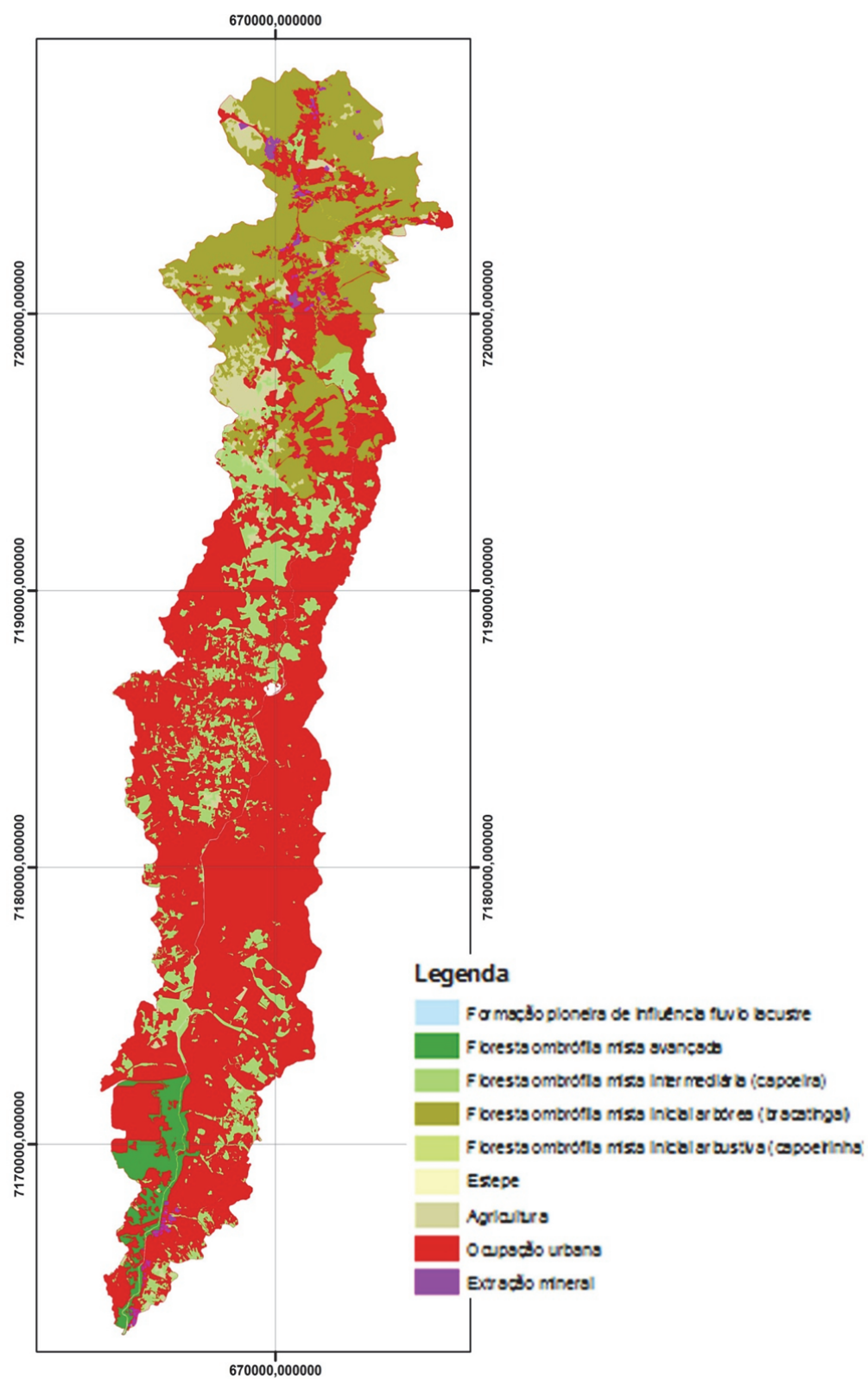


Figura 26 Uso do solo em 2006.

Ainda, a cobertura com floresta em estágio avançado de sucessão, que em 1952 era 14,44%, diminuiu para 2,79% em 2006. Ressalta-se que tal remanescente não tem representatividade da Floresta Ombrófila Mista Montana, mas sim da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, ainda presente na porção sul da bacia.

A extração mineral aparece como uma atividade econômica de intensidade crescente, ocupando no ano de 2000 0,51% e em 2006 0,66% da área da bacia, sendo que a sua presença não era constatada em 1952. Pela sua localização, a extração mineral pode ser separada nas seguintes subunidades de mapeamento:

1. Produção de calcário, caulim, granito e migmatito; e
2. Extração de areia e argila.

Para entender mais claramente o processo de ocupação sobre as áreas que estavam cobertas pelas distintas formações de vegetação nativa em 1952, as tabelas 22, 23, 24, 25 e 26 foram construídas correlacionando a área de cada formação vegetacional naquele ano com o uso antrópico estabelecido nela em 2006, sendo assim possível evidenciar o sentido, a orientação e a intensidade do avanço da ação antrópica.

Tabela 22 Mudança na ocupação sobre as áreas com Formação Pioneira de Influência Flúvio-Lacustre em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	1965,25	3,08	43,79		298,87	233,69			
Média	17,87	1,54	0,55		11,07	1,44			
Máximo	1387,47	2,11	4,49		103,92	27,55			
Mínimo	0	0,97	0		0	0			
Número	110	2	80		27	162			
%	77,23%	0,12%	1,72%		11,74%	9,18%			

Observa-se que 77,23% das áreas ocupadas sobre a Formação Pioneira de Influência Flúvio-lacustre presente em 1952, e hoje desaparecidas, passaram a ser ocupadas pelo crescimento urbano, cobertos por vegetação secundária em estágio intermediário de sucessão, ou seja, capoeira e por floresta em estágio avançado de sucessão, caracterizada pelos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, hoje concentrada no entorno da desembocadura do arroio Saldanha.

Contudo, em relação ao que se refere à presença de florestas em estágio sucessional médio e avançado sobre as áreas que foram em 1952 mapeadas como Formação Pioneira de Influência Flúvio-lacustre, a correlação é pouco provável, uma vez que o espaço de tempo não seria suficiente para que tal sucessão houvesse ocorrido, mesmo que atribuindo-se o possível erro à imprecisão tecnológica da época.

Tabela 23 Mudança na ocupação sobre as áreas com FOM em estágio avançado em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	2100,49	81,65	3,87		418,77	585,06		617,16	
Média	4,97	1,74	0,43		38,07	1,82		6,36	
Máximo	360,14	13,48	2,89		311,18	92,61		128,84	
Mínimo	0	0	0		0	0		0	
Número	423	47	9		11	321		97	
%	55,17%	2,14%	0,10%		11,00%	15,37%		16,21%	

Do total observado de 3819,41ha de das áreas de FOM em estágio avançado no ano de 1952, 55,17% cedeu espaço a loteamentos, remanescendo apenas 11,00% da área como floresta nativa em avançado estágio de sucessão, hoje representado pela floresta aluvial. Outra atividade que ocupou significativamente o espaço original foi o estabelecimento de povoamentos de bracatinga, compreendendo 16,21% da área originalmente ocupada por aquela vegetação, e 15,37% está ocupado pela fase sucessional em estágio intermediário de sucessão florestal.

Tabela 24 Mudança na ocupação sobre as áreas com vegetação secundária em fase capoeirinha em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	2033,58	225,96	31,03			468,7		969,88	
Média	5,28	3,01	0,84			1,11		6,64	
Máximo	252,49	92,55	10,25			19,83		194,2	
Mínimo	0	0	0			0		0	
Número	385	75	37			424		146	
%	54,53%	6,06%	0,83%			12,57%		26,01%	

As atividades que menos demandaram pelo espaço daquela vegetação foram: agricultura, com 2,14% e a extração mineral, com 0,10%. Esses valores, de correlação direta, muito embora expressem um numeral pequeno, podem ser interpretados de forma inversa, ou seja, a vegetação florestal que se encontrava em estágio avançado de sucessão foi expres-

samente derrubada para dar espaço àquelas atividades produtivas, demonstrando o caráter de devastação realizado na região. Compreendendo 359,04ha com vegetação em estágio inicial de sucessão, de porte arbustivo (capoeirinha), 54,53% cedeu espaço à ocupação urbana e 26,01% a povoamentos com bracatinga. Somente 12,57% encontram-se no estágio seguinte de sucessão. É possível dizer que tais áreas ao longo dos últimos 50 anos foram utilizadas para fins menos impactantes e hoje podem configurar como um raro exemplo de conservação de uma mancha florestal. Por outro lado, é curioso observar que hoje essa fase sucessional não é mais presente na área, denotando a sua intensa ocupação.

Tabela 25 Mudança na ocupação em áreas com capoeira em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	199,5	5,02	0,45			81,44		72,15	
Média	2,17	0,63	0,23			1,43		2,33	
Máximo	15,52	2,31	0,38			18,22		6,97	
Mínimo	0	0	0,07			0		0	
Número	92	8	2			57		31	
%	55,64%	1,40%	0,13%			22,71%		20,12%	

De forma similar ocorreu com os espaços inicialmente ocupados pela vegetação em estágio intermediário de sucessão (capoeira), os quais passaram a ser ocupados em 55,64% por área urbana, sendo mantidos 22,71% em seu próprio estágio sucessional.

Tabela 26 Mudança na ocupação em áreas com bracatinga em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	1407,9	310,74	38,33			533,78		2180,11	
Média	6,09	3,27	1,1			2,68		18,79	
Máximo	159,78	44,12	5,39			106,17		801,9	
Mínimo	0	0	0			0		0	
Número	231	95	35			199		116	
%	31,49%	6,95%	0,86%			11,94%		48,76%	

Da área de 4466,69ha com bracatinga no ano de 1952, 48,76% se manteve como tal, sendo 31,49% transformado em áreas urbanas. O remanescente de 18,89%, ocupado em 2006 por atividades agrícolas ou em fase sucessional intermediária, possivelmente faz parte da rotação no manejo desse recurso florestal, matéria prima de fundamental importância para a indústria caieira.

Ressalta-se que, especificamente quanto às áreas hoje ocupadas pela extração de calcário, muito embora seja realizada em espaços relativamente pequenos, em termos de dimensão proporcional à área da bacia, ela impõe uma modificação substancial das áreas de entorno para a sua produção industrial, causando visivelmente a poluição do ar decorrente da inexistência ou insuficiência de filtros e outras medidas que minimizem as emissões de poeira, e também a grande demanda por lenha e carvão para atender aos fornos na sua fase industrial.

Ou seja, se considerado o processo histórico da ocupação da região, os dados observados confirmam uma tendência geral que tem se intensificado nos últimos 30 anos: a cada ciclo econômico que se sucedeu, iniciando-se pelo da extração de madeiras nobres e de erva-mate até o atual, responsável pelas presentes características de uso do solo, a vegetação original foi sendo modificada, dilapidando-se a biodiversidade local, sendo substituída por ocupações urbanas e atividades extrativistas intensivas, tecnologicamente primitivas e, algumas vezes, ilegais.

Ocupação nas Áreas de Preservação Permanente – APP:

As APP's da bacia do rio Barigui tiveram uma diminuição de 126,84ha em sua área, ou 1,62%, no período entre 1952, apresentando 7840,07ha, e 2006, apresentando 7713,23ha, devido à retificação do traçado do rio e ao soterramento ou entubamento de alguns afluentes.

A fim de demonstrar o processo de ocupação desordenada da bacia, a seguir apresenta-se a evolução do uso do espaço nas áreas inundáveis, mesmo que pela legislação já à época as APP não eram passíveis de ocupação.

Como se pode observar na tabela 27, já em 1952 era evidenciado uma tendência a não consideração da legislação incidente sobre as áreas inundáveis, mesmo que impróprias para ocupação humana, tendo sido ocupadas em 45,78%, sendo a agricultura a atividade antrópica que mais expandiu sobre ela, ocupando 14,71% do espaço inicial.

Tabela 27 Uso do solo nas áreas inundáveis em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatina	FPI Flúvio-lacustre
Total	95,36	379,61		164,35	315,91	159,71		66,72	1399,24
Média	2,8	4,31		7,15	3,13	2,62		2,09	31,8
Máximo	43,2	48,78		70,5	32,63	23,07		10,92	400,85
Mínimo	0,01	0,01		0,05	0,01	0,01		0,01	0,01
Numero	34	88		23	101	61		32	44
%	3,69%	14,71%		6,37%	12,24%	6,19%		2,59%	54,22%

Em 2006, o processo de ocupação e degradação das áreas inundáveis já tinha atingido um grau muito avançado, apesar das diretrizes conservacionistas expressas, estabelecidas na legislação. Nesse corte temporal, 69,57% das áreas inundáveis tinham sido ocupadas por urbanizações, conforme se observa na tabela 28, para as quais obras de engenharia, quer sejam de canalização, soterramento de nascentes, preenchimento e aterramento foram determinantes para a expansão sobre essas áreas.

Tabela 28 Uso do solo nas áreas inundáveis em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatina	FPI Flúvio-lacustre
Total	1801,71	0,54	58,12		259,8	364,04		105,39	
Média	23,71	0,14	0,58		17,32	2,05		2,24	
Máximo	462,93	0,24	5,99		65,95	50,17		37,5	
Mínimo	0,01	0,07	0,02		0,05	0,01		0,01	
Numero	76	4	101		15	178		47	
%	69,57	0,02	2,24%		10,03	14,06		4,07	

Nas áreas com restrições de relevo com mais de 45% de declividade, concentradas no norte da bacia (Figura 27), as áreas, que em 1952 estavam cobertas por 13,66% de floresta nativa em estágio avançado de sucessão, desaparecem no ano de 2006 (Tabela 29 e 30). Já 13,03% dessas áreas de relevo acentuado estavam cobertas por capoeira em 1952, tendo diminuído para 10,62% no ano de 2006, e 46,04% constituídos por povoaamentos de bracinga em 1952, passam a ocupar em 2006 uma área ainda maior, de 61,25%.

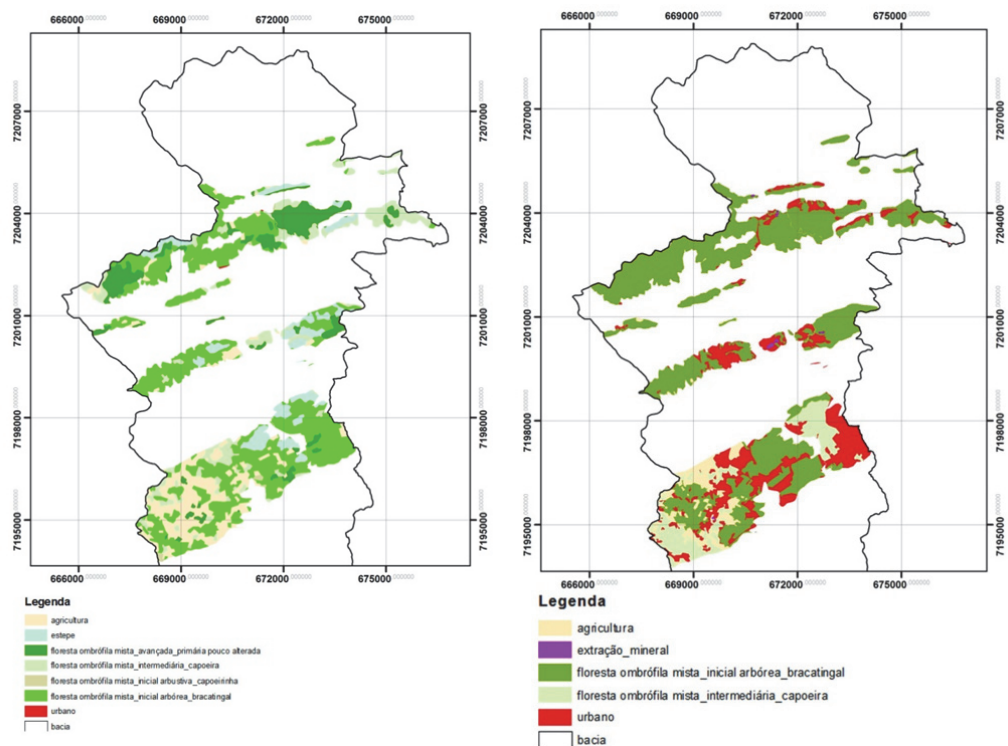


Figura 27 Comparativo do uso do solo nos topos de morro e linhas cumeadas entre 1952 (esquerda) e 2006 (direita).

Tabela 29 Uso do solo nas áreas de topos de morro e linhas cumeadas em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinha	FPI Flúvio-lacustre
Total	1,48	458,3		254,22	364,05	347,12	12,62	1226,87	
Média	0,74	6,84		12,71	9,58	6,81	1,8	42,31	
Máximo	1,26	238,03		36,66	122,53	79,79	4,4	771,87	
Mínimo	2278	1,16		1212,49	1,66	61,07	1,16	1,66	
Numero	2	67		20	38	51	7	29	
%	0,06	17,20		9,54	13,66	13,03	0,47	46,04	

Tabela 30 Uso do solo nas áreas de topos de morro e linhas cumeadas em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinha	FPI Flúvio-lacustre
Total	573,74	168,15	8,36			283,35		1633,46	
Média	7,17	3,43	0,84			11,33		45,37	
Máximo	202,48	69,22	2,2			126,29		622,45	
Mínimo	0,02	0,02	145,3			1,73		13,67	
Numero	80	49	10			25		36	
%	21,51%	6,30%	0,31%			10,62%		61,25%	

Quanto à ocupação urbana, a área demandada sobre o relevo acentuado em 1952 era ainda incipiente, perfazendo 0,06%. Porém, em 2006, essas áreas, muito embora inapropriadas para esse uso, demandam 21,51% .

No caso das nascentes existentes na bacia, a partir da cartografia de 2002, atualizada com as imagens de 2006, foram identificadas 1527 nascentes (Figura 28), representando 1196,10ha de APP's, considerando um buffer de 50m, conforme a legislação vigente.

Em 1952 existia uma tendência à ocupação intensiva nas áreas de nascente (Tabela 31), apresentando 4,33% de urbanização, 27,87% de agricultura, evidenciando-se nelas uma degradação significativa das florestas, pois somados os índices de vegetação secundária em estágio inicial de sucessão - capoeirinha e bracatingal – o percentual é de 16,92% da área.

Tabela 31 Uso do solo nas APP das nascentes em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	47,73	307,45		177,91	178,07	170,24	16,47	170,24	35
Média	0,43	0,42		0,55	0,45	0,39	0,36	0,39	0,33
Máximo	0,78	0,78		0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Mínimo	7	2		3	1	4	23	4	1
Numero	110	727		321	392	436	46	436	106
%	4,33	27,87		16,13	16,14	15,43	1,49	15,43	3,17

Em 2006, a situação de degradação das áreas de nascentes é ainda mais crítico, que têm 53,89% da área total de APP's/nascentes ocupada por urbanizações, sendo que das 1527 nascentes identificadas 456 foram eliminadas e impermeabilizadas com o estabelecimento de infraestruturas urbanas (Tabela 32).

Ainda, outro indicador da agressividade no avanço da ocupação das nascentes (figura 28) é o fato de existirem atividades de extrativismo mineral, tanto de areia e argila, com seis nascentes comprometidas, como de calcário e produtos similares, também com o mesmo número de nascentes afetadas.

Tabela 32 Uso do solo nas APP das nascentes em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	637	37,09	1,95		38,85	207,62		259,57	
Média	0,45	0,32	0,16		0,47	0,3		0,55	
Máximo	0,78	0,78	0,78		0,78	0,78		0,78	
Mínimo	1	1	49		5	1		2	
Numero	1421	117	12		83	688		469	
%	53,89%	3,14%	0,16%		3,29%	17,56%		21,96%	

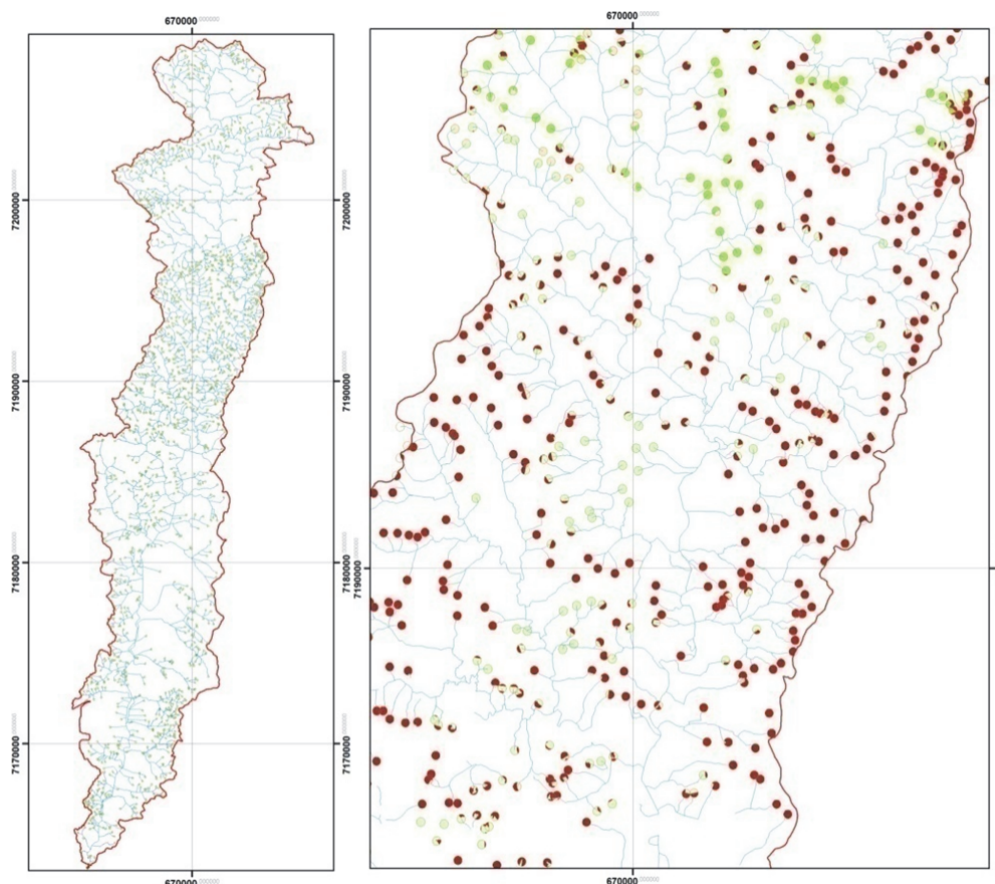


Figura 28 Nascentes da bacia do Barigui (esquerda) com um detalhe da região central da bacia (direita) onde pode ser evidenciada a urbanização de grande parte das APP das nascentes.

6.1.4 Unidades de Conservação

A evolução do uso do solo e da cobertura vegetal nas Unidades de Conservação da bacia é apresentada nas tabelas 33 e 34, a seguir.

As Unidades de Conservação estabelecidas na bacia do rio Barigui, incluída a Zona de Contenção municipal estabelecida em Curitiba, ocupam um total de 832,89ha, ou seja, 3,14% da bacia. Verifica-se na tabela 32 que, dos espaços hoje delimitados por essas UC's, 58,83% apresentam ocupação urbana e apenas 29,64% apresenta vegetação em estágio intermediário de sucessão (capoeira).

Ainda, a floresta em estágio sucessional avançado ocupa 6,86% da área, valor ligeiramente maior que a média para toda a bacia, que é de 2,79%.

Destas UC's, 315,36ha estão sobrepostas a APP's, o que significa que 37,86% das mesmas estão dentro de áreas que já estão protegidas por lei, o que leva a concluir que:

Tabela 33 Uso do solo nas Unidades de Conservação em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	23,99	211,64		121,57	141,94	83,69	5,7	6,77	252,74
Média	3,43	10,08		30,39	4,06	3,1	0,81	0,97	14,87
Máximo	13,33	48,53		100,56	27,91	20,99	2,86	3,84	126,71
Mínimo	0,03	0,17		3,15	0,04	0,02	0,08	0,01	0,04
Numero	7	21		4	35	27	7	7	17
%	2,83%	24,96%		14,34%	16,74%	9,87%	0,67%	0,80%	29,80%

Tabela 34 Uso do solo nas Unidades de Conservação em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	489,96	20,66	18,32		57,11	246,85			
Média	13,61	4,13	0,48		19,04	2,42			
Máximo	139,63	7,96	3,3		30,93	39,07			
Mínimo	0,01	1,48	0,04		1,3	0,01			
Numero	36	5	38		3	102			
%	58,83	2,48	2,20		6,86	29,64			

1. Várias UC's foram estabelecidas para inibir a urbanização das APP's, dada a incapacidade dos órgãos públicos para a sua fiscalização; e
2. Como a maioria delas tem o objetivo de proporcionar um espaço ao lazer da população, não visam primariamente o propósito de conservar remanescentes da vegetação nativa.

A seguir são apresentadas correlações individuais de cada UC com a evolução do uso do solo e sua cobertura vegetal da bacia (Tabelas 35 a 56).

Tabela 35 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pela APA Municipal do Iguaçu.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	234,28				105,64					128,64
%					45,09					54,91

Tabela 36 Uso do solo na APA Municipal do Iguaçu em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	236,17	104,16	20,66	18,32		26,18	66,85			
%		44,1	8,75	7,76		11,09	28,31			

Tabela 37 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Barigui.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	137,3	14,42	61,15			45,54	11,95			4,24
%		10,5	44,54			33,17	8,7			3,09

Tabela 38 Uso do solo no Parque Barigui em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	115,36	61,33					54,03			
%		53,16					46,84			

Tabela 39 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Diadema.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	19,6		10,77			3,79	5,04			
%			54,95			19,34	25,71			

Tabela 40 Uso do solo no Parque Diadema em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	19,6	16,07					3,53			
%		81,99					18,01			

Tabela 41 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Bosque da Fazendinha.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	6,86		0,46		3,15	3,25				
%			6,71		45,92	47,38				

Tabela 42 Uso do solo no Bosque da Fazendinha em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	6,86	3,07					3,78			
%		44,82					55,18			

Tabela 43 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Bosque São Cristóvão.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	2,37		0,17			1,31	0,89			
%			7,17			55,27	37,55			

Tabela 44 Uso do solo no Bosque São Cristóvão em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	2,38	2,38								
%		100								

Tabela 45 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Bosque do Trabalhador.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	11,93		1,52			10,41				
%			12,74			87,26				

Tabela 46 Uso do solo no Bosque do Trabalhador em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	11,93	2,58					9,36			
%		21,58					78,42			

Tabela 47 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Tanguá.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	24,33	7,2	4,91			5,68	4,66			7,2
%		29,59	20,18			23,35	19,15			29,59

Tabela 48 Uso do solo no Parque Tanguá em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	24,3	21,45					2,86			
%		88,25					11,75			

Tabela 49 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Tingui.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	35,27	0,91	5,44			3,01	0,96		3,84	21,11
%		2,58	15,42			8,53	2,72		10,89	59,85

Tabela 50 Uso do solo no Parque Tingui em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	34,82	34,75					0,07			
%		99,8					0,2			

Tabela 51 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque dos Tropeiros.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	23,81		21,12			2,43		0,26		
%			88,7			10,21		1,09		

Tabela 52 Uso do solo no Parque dos Tropeiros em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	23,82	17,89					5,94			
%		75,09					24,91			

Tabela 53 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque CIC Centro.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	9,67					5,28	0,71			3,68
%						54,6	7,34			38,06

Tabela 54 Uso do solo no Parque CIC Centro em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	9,01	7,08					1,93			
%		78,55					21,45			

Tabela 55 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelo Parque Tatuquara.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	148,9	1,46	1,55		12,78	39,92				93,19
%		0,98				26,81				62,59

Tabela 56 Uso do solo no Parque Tatuquara em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	154,65	77,88				30,93	45,84			
%		50,36				20	29,64			

Ainda que não seja uma Unidade de Conservação no sentido estrito da sua definição, acresce-se a Zona de Contenção municipal que, aos efeitos práticos, tem a mesma funcionalidade e nível de proteção que os parques municipais (Tabelas 57 e 58).

Tabela 29 Uso do solo na Zona de Contenção em 1952.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	89,17	0,38	0,17		0,85	21,32	59,48	5,44	2,93	
%		0,43	0,19		0,95	23,91	66,7	6,1	3,29	

Tabela 30 Uso do solo na Zona de Contenção em 2006.

	Área	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	193,99	141,33					52,66			
%		72,85					27,15			

Ocupação nas Áreas com Uso Restrito (AUR):

Neste item são consideradas as áreas com declividades entre 30-45% e aquelas ocupadas pelos compartimentos do aquífero *Karst*.

As áreas com declividades de 30-45%, que ocupam 1770,10ha, apresentam a seguinte evolução na sua ocupação com atividades antrópicas (Tabelas 59 e 60).

Seguindo a tendência geral da ocupação da bacia, as áreas com restrições à ocupação por apresentarem declividades acentuadas, apresentam o mesmo padrão de degradação pela ação de atividades antrópicas impróprias como urbanizações, que passou de 1,30% em 1952 (Tabela 59), para 30,16% em 2006 (Tabela 60), bem como o extrativismo de calcário.

Tabela 57 Uso do solo nas áreas de uso restrito com declividades entre 30-45%, em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	23,04	305,65		115,77	265,94	345,7	19,64	656,94	36,66
Média	0,02	0,02		0,05	0,02	0,04	0,02	0,03	0,01
Número	0,11	1,46		0,23	1,47	0,94	0,11	2,02	0,42
%	1,30%	17,27%		6,54%	15,03%	19,54%	1,11%	37,13%	2,07%

Tabela 58 Uso do solo nas áreas de uso restrito com declividades entre 30-45%, em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	534,63	51,42	13,4		20,7	210,05		942,16	
Média	0,01	0,05	0,04		0,01	0,02		0,06	
Número	3,8	0,11	0,03		0,32	0,97		1,49	
%	30,16%	2,90%	0,76%		1,17%	11,85%		53,16%	

As áreas com restrições à ocupação, localizadas no município de Almirante Tamandaré, são principalmente dedicadas ao manejo da bracatinga que, apesar de ser menos impactante, apresentam o risco de erosão após o corte raso.

O aquífero *Karst* apresenta os limites dos compartimentos definidos por quartzitos e filitos divididos por diques de diabásio, sendo áreas com declividades que frequentemente

superaram os 45% (Tabela 61; Figura 29).

Tabela 59 Declividades nos compartimentos do aquífero Karst.

	0-3%	3-7%	7-12%	12-20%	20-30%	30-45%	45-90%
Total	1790,80	1590,70	1263,65	554,43	1409,43	771,02	442,60
%	22,89%	20,33%	16,15%	7,09%	18,02%	9,86%	5,66%

A grande variabilidade na declividade das áreas de influência do aquífero *Karst* evidencia-se no fato de que 442,60ha do total de 448,30ha da bacia que apresentam mais de 45% de declividade encontram-se nessa região , o que significa que 98.73% das áreas definidas como APP por limitações de declividade estão na região *kárstica*.

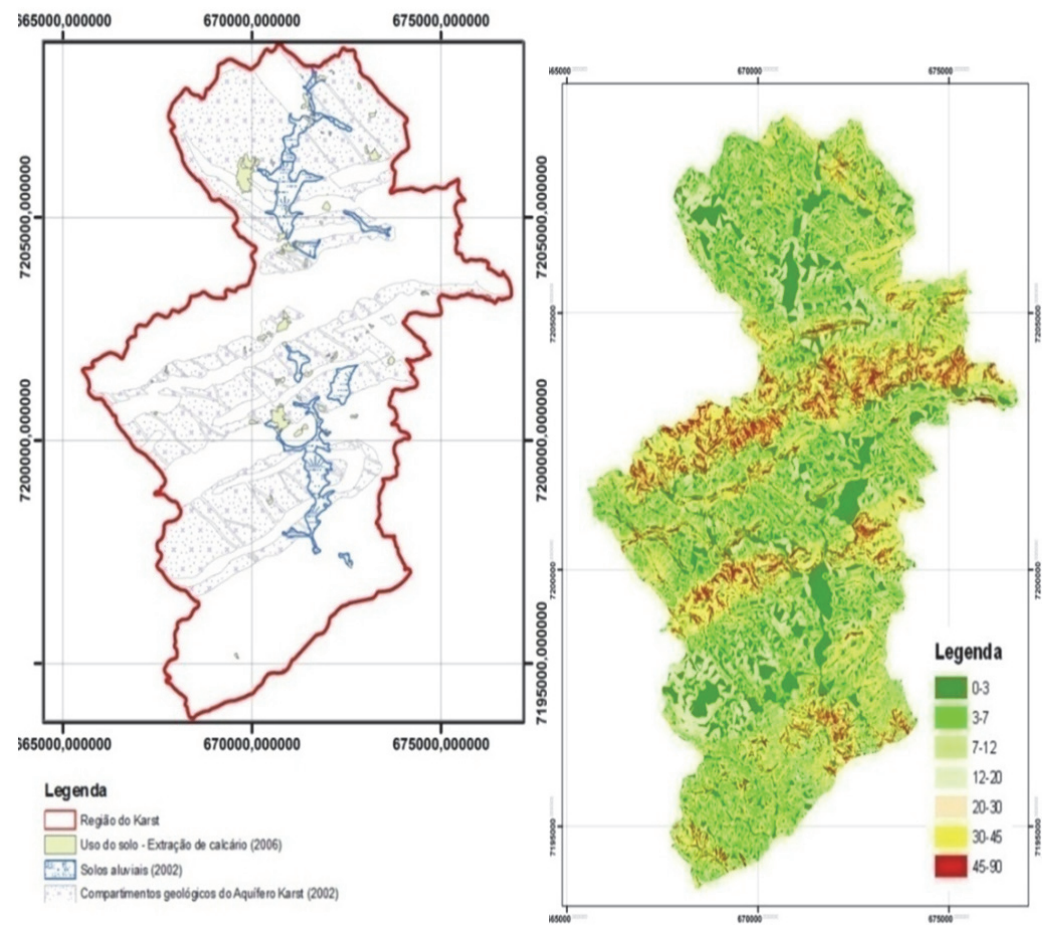


Figura 31 No mapa da esquerda mostra a região do aquífero Karst com a localização dos compartimentos geológicos, os solos aluviais e as atividades de extração mineral, todas elas nas áreas mais rebaixadas e frágeis do aquífero. No mapa da direita pode-se perceber a lógica do relevo, com as áreas com maior declive sobre os diques de diabásio que delimitam o aquífero.

Como pode-se evidenciar nas tabelas 62 e 63, entre 1952 e 2006, a ocupação urbana da região *kárstica* passou de 0,55% para 27,91%, surgindo também a exploração do calcário e minérios similares, perfazendo 1,48%. O crescimento das áreas com bracingais foi decorrente da eliminação das florestas que ainda em 1952 eram representativas da composição e estrutura da floresta original, mas que em 2006 foram extintas.

O impacto da ocupação descontrolada da região é demonstrado através da evolução da ocupação nas áreas sobre os compartimentos do aquífero, estas consideradas técnica e legalmente com restrições para qualquer tipo de ocupação intensiva, como a expansão dos núcleos urbanos e mineração.

Tabela 60 Uso do solo na região do *Karst* em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	46,17	1922,02		619,8	795,18	1661,96	101,31	3245,94	
Média	5,77	9,76		22,96	9,58	20,77	5,33	70,56	
Máximo	13,09	246,33		170,91	156,01	298,36	9,92	1738,16	
Mínimo	0,03	0,01		0,02	0,13	0,02	0,88	0,93	
Número	8	197		27	83	80	19	46	
%	0,55%	22,90%		7,39%	19,80%	19,80%	1,21%	38,68%	

Tabela 61 Uso do solo na região do *Karst* em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracinga	FPI Flúvio-lacustre
Total	2351,33	971,08	124,52			413,99		4564,12	
Média	24,49	11,29	1,71			18,82		47,05	
Máximo	1038,16	357,79	27,07			159,65		1535,93	
Mínimo	0,01	0,2	0,04			0,14		0,01	
Numero	96	86	73			22		97	
%	27,91%	11,53%	1,48%			4,91%		54,17%	

Como se vê nas tabelas 64 e 65, a ocupação urbana nas áreas mais frágeis do *Karst* passou de 0,56% para 28,35%, sendo evidente a degradação da cobertura vegetal nativa.

É evidente que os problemas com subsidências e recalques causando rachaduras em infraestruturas e a formação de crateras por afundamento do solo tem acontecido há alguns anos, com o consequente prejuízo econômico e a destruição da estrutura *kárstica* subjacente, recurso mineral vital para a sociedade.

Tabela 62 Uso do solo nos compartimentos do *Karst* em 1952.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinha	FPI Flúvio-lacustre
Total	17,55	850,03		183,76	152,66	738,89	53,36	1116,51	
Média	2,19	4,4		8,75	2,88	9,35	3,56	11,39	
Máximo	5,37	54,52		54,07	17,28	104,22	6,75	261,1	
Mínimo	0,04	0,01		0,04	0,01	0,01	0,1	0,01	
Numero	8	193		21	53	79	15	98	
%	0,56%	27,31%		5,90%	4,90%	23,74%	1,71%	35,87%	

Tabela 63 Uso do solo nos compartimentos do *Karst* em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinha	FPI Flúvio-lacustre
Total	883,84	537,29	70,58			38,92		1587,09	
Média	7,13	7,16	1,12			1,77		10,51	
Máximo	86,96	130,74	21,56			6,61		305,64	
Mínimo	0,01	0,01	0,01			0,01		0,01	
Numero	124	75	63			22		151	
%	28,35%	17,23%	2,26%			1,25%		50,91%	

6.1.5 Impactos ambientais das atividades antrópicas

Ocupações urbanas irregulares:

Na bacia existem 355 polígonos identificados de ocupações irregulares distribuídos em 191 vilas, perfazendo um total 536,60 hectares, com uma média de 1,51 hectares por polígono. Ainda, outras ocupações, muito embora oficialmente não sejam apontadas pelo poder público como irregulares, elas ocupam o espaço estabelecido legalmente como APP, como é o caso de fabricas de papel e celulose como a Trombini e Cocelpa.

Conforme as tabelas 66 e 67, as ocupações urbanas irregulares são uma consequência do próprio processo de urbanização, porém desordenado.

Quando estas ocupações urbanas irregulares são analisadas em função da sua proximidade a cursos d'água e áreas frágeis, a gravidade do impacto ambiental e de degradação da cobertura vegetal nativa que este tipo de ocupação causa, fica mais evidente.

Em termos analíticos, 159,40ha ou 29,76% do total das áreas de ocupação irregular estão em APP. Dessas, 127,97ha estão dentro do buffer de 30m ao longo dos cursos d'água. A esse valor devem ser acrescidos 14,52ha de invasões quando o buffer do rio Barigui é aumentado para 50m.

Tabela 64 Uso do solo em 1952 na área hoje ocupada pelas ocupações urbanas irregulares.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinha	FPI Flúvio-lacustre
Total	119,94	100,14		98,69	76,26	59,77	2,13	68,19	119,94
Média	1,1	0,89		1,43	0,78	0,64	0,19	0,64	1,1
Máximo	8,96	10,31		18,9	15,32	5,19	0,93	7,02	8,96
Mínimo	0,01	0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Numero	109	112		69	98	93	11	106	109
%	18,59%	15,52%		15,30%	11,82%	9,27%	3,12%	10,57%	18,59%

Tabela 65 Uso do solo nas ocupações urbanas irregulares em 2006.

	Ocupação Urbana	Agricultura	Extração Mineral	Estepe	FOM Avançada	FOM Capoeira	FOM Capoeirinha	FOM Bracatinha	FPI Flúvio-lacustre
Total	520,6	1,13	0,01			7,67		1,35	
Média	1,45	0,16	0,01			0,14		0,13	
Máximo	18,84	0,25	0,01			1,29		0,48	
Mínimo	0,01	0,07	0,01			0,01		0,01	
Numero	360	7	1			56		10	
%	98,09%	0,21%	0,00%			1,45%		0,25%	

Da mesma forma, quando as ocupações irregulares são confrontadas com os solos aluviais da bacia 127,56ha ou 23,82% das mesmas encontra-se em áreas potencialmente inundáveis.

Logo, extrai-se desses dados que, se consideradas as áreas frágeis ou com potencial uso restrito por razões ecológicas, sanitárias ou de risco para a população, 287,6ha ou 53,70% das ocupações urbanas irregulares estão localizadas nas mesmas.

Lançamento de esgoto *in-natura*:

Os 103 pontos conhecidos de lançamento de esgoto *in-natura* na bacia do Barigui (SANEPAR, 2002), estão localizados na região de Curitiba. Estes 103 pontos representam 266.378 litros de esgoto lançados diariamente.

Nas figuras 30, 31 e 32 pode ser visualizada a localização e a relação dos pontos com a infraestrutura de saneamento básico da região. Assim, pode-se ver que o lançamento de esgoto *in-natura* acontece em áreas densamente urbanizadas, com infraestrutura de serviços bem estabelecida, sendo que 17 deles, representando 23.243 litros de esgoto lançados todo dia, estão em áreas urbanas.

Ainda, constata-se também que 12 pontos de lançamento de esgoto *in natura*, que re-

presentam 52.432 litros/dia ou 19,68% do total, é vertido diretamente no rio Barigui ao longo de um percurso de 8km a jusante do lago do Parque Barigui.

No entanto, nas ocupações urbanas irregulares só existem oito pontos de lançamento de esgoto *in-natura*, representando 17.569 litros diariamente, ou 6,60% do esgoto lançado na bacia.

Contaminação química:

Na bacia do rio Barigui existem diversas atividades que, tanto produzem como utilizam em seus processos produtivos substâncias químicas de potencial contaminante elevado. Em todos os casos tanto a tecnologia de produção como a de utilização assim como os procedimentos de controle ambiental aplicados são inadequados ou insuficientes.

A seguir apresentam-se dois exemplos de despejo de produtos químicos, um acidental e outro voluntário e constante, com os quais é possível dimensionar o impacto que este tipo de atividade antrópica pode causar no ambiente de uma bacia hidrográfica suburbana com controles ambientais inadequados e/ou inoperantes.

Produção de derivados de petróleo:

Na região de Araucária encontra-se a REPAR, refinaria da Petrobrás que no ano 2000 derramou mais de 4000m³ de óleo diretamente na cabeceira do arroio Saldanha, afluente do rio Barigui, e que, em poucos dias tinha atingido o rio Iguaçu.

A gravidade potencial do acidente não se deve unicamente ao tipo e volume do contaminante em questão, e sim pela combinação desse fator com um conjunto de alterações ao longo do rio que apresentam um elevado potencial para aumentar significativamente os impactos ambientais do derramamento. Os mais importantes são:

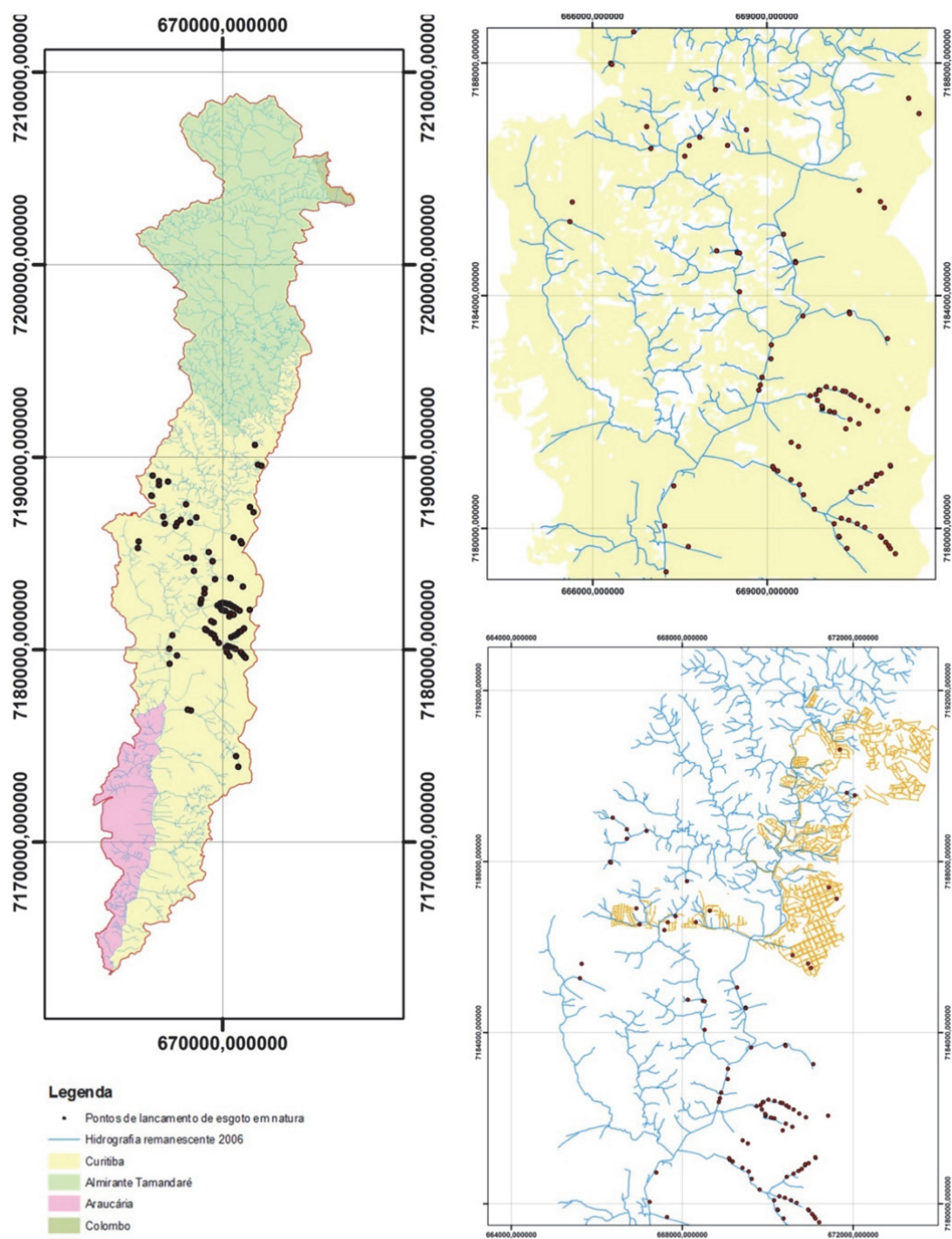


Figura 32 Análise espacial da localização dos pontos de lançamento de esgoto *in natura* nos cursos d'água da bacia do rio Barigui, cadastrados em 2002. Mapa superior esquerdo: pontos cadastrados no Município de Curitiba. Mapa superior direito: pontos cadastrados em áreas densamente urbanizadas (amarelo). No mapa inferior direito há um número expressivo de pontos de lançamento em áreas urbanas com rede de esgoto (laranja), os quais não estão ligados à rede.

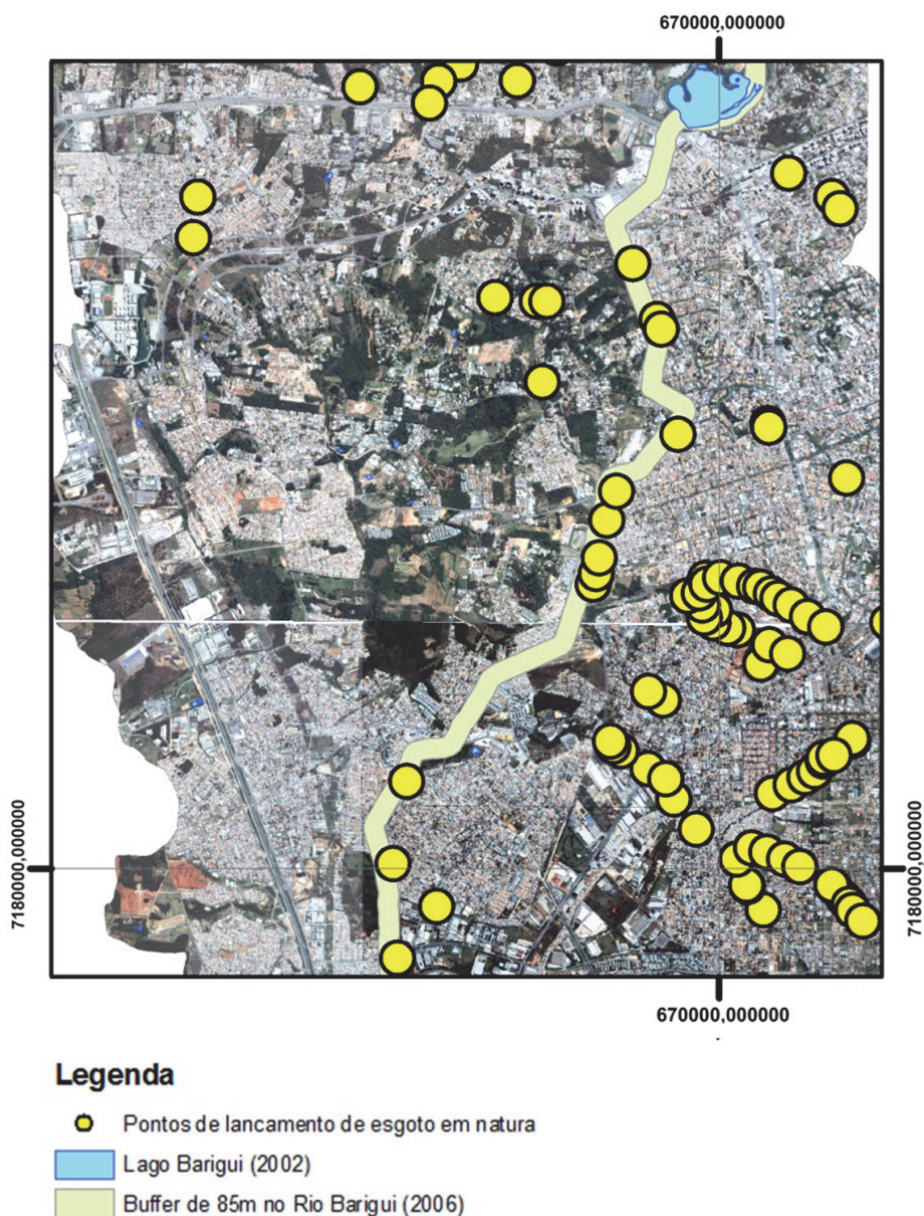


Figura 33 Detalhe do percurso de 8km a jusante do lago Barigui, ao longo do eixo do rio, onde são evidenciados 12 pontos de lançamento, representando 19,68% de todo o esgoto lançado na bacia.

- As numerosas cavas originadas da extração descontrolada de areia e argila ao longo do percurso do rio Barigui e do Iguaçu, que teriam permitido o ingresso rápido e irreversível das frações mais leves do petróleo no lençol freático e nas camadas mais profundas do solo, o que só não aconteceu por o acidente ter acontecido em época de águas baixas, no curto período em que as cavas estão sem conexão com o rio; e

- Encostas sem a proteção integral da APP, o que poderia facilitar o derramamento do petróleo nas regiões planas ao longo do rio e a contaminação do lençol freático com mais facilidade.

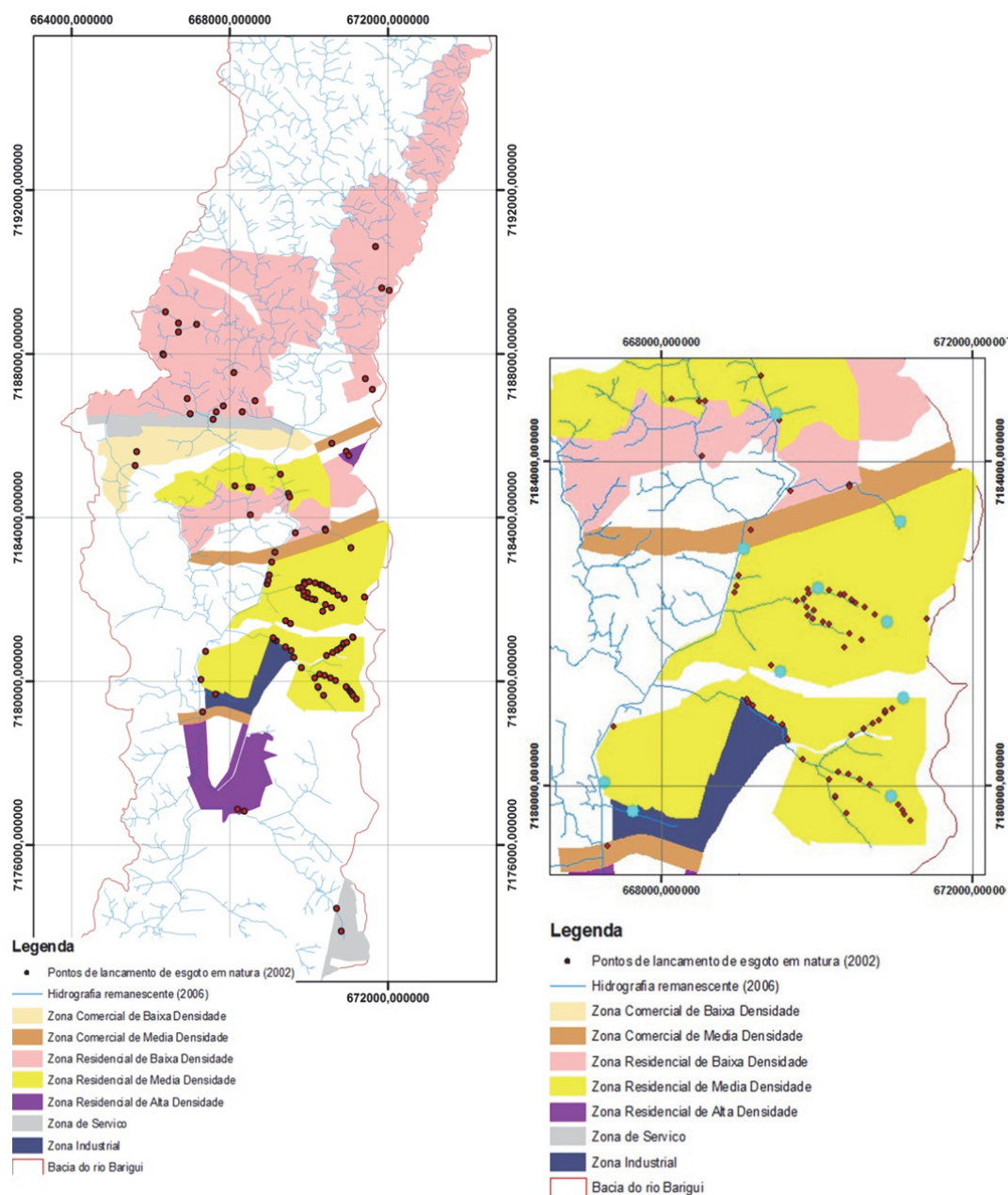


Figura 34 No mapa de esquerda apresentam-se as zonas com lançamento de esgoto *in-natura*. No mapa da direita encontra-se a localização dos 10 pontos com maior vazão de esgoto lançado em natura. Estes 10 pontos representam 149.066 litros, ou 55,96% do total de esgoto lançado *in-natura*. Estes 10 pontos representam 149.066 litros, ou 55,96% do total de esgoto lançado na bacia do rio Barigui (pontos em verde claro).

Aplicação de agrotóxicos:

Existem basicamente três formas para a agricultura poluir um corpo d'água: uso incorreto do solo e consequente produção de sedimentos pela erosão dos terrenos, de fertilizantes e de defensivos agrícolas.

Em se tratando de agrotóxicos e adubos químicos, na região norte da bacia, o solo é utilizado para produção de frutas, verduras e legumes, com o uso intensivo desses produtos químicos, existindo registros de contaminação de cursos d'água na região, conforme EIA do Aquífero Karst, elaborado em 1996. O Instituto Ambiental de Paraná em 1992, no Relatório da Qualidade das Águas de rios do alto Iguaçu, constatou um aumento nos níveis de nitrato e diminuição do oxigênio dissolvido, indicadores estes de contaminação.

Ainda, dependendo da localização da área de produção, o emprego de defensivos agrícolas e de adubação intensiva pode levar à infiltração de águas superficiais contaminadas pelas dolinas e outras áreas de recarga do aquífero *Karst*.

Extrativismo mineral:

O extrativismo mineral na bacia é dividido em dois grupos:

1. Extração de areia e argila nas áreas inundáveis da porção sul da bacia, próximo da desembocadura no rio Iguaçu.
2. Extração de calcário e minérios relacionados, na região do *Karst*;

O extrativismo de areia e argila, executado de forma descontrolada, é intensa na região próxima da foz do rio Barigui no rio Iguaçu (Figura 33).

Esta atividade concentra-se nas áreas inundáveis com solos hidromórficos, onde outrora existia vegetação lacustre, estabelecendo o equilíbrio dinâmico do rio Barigui.

As cavas, consequência dos areais, estão incluídas em uma única unidade de uso do solo por serem parte do mesmo processo produtivo extrativista.

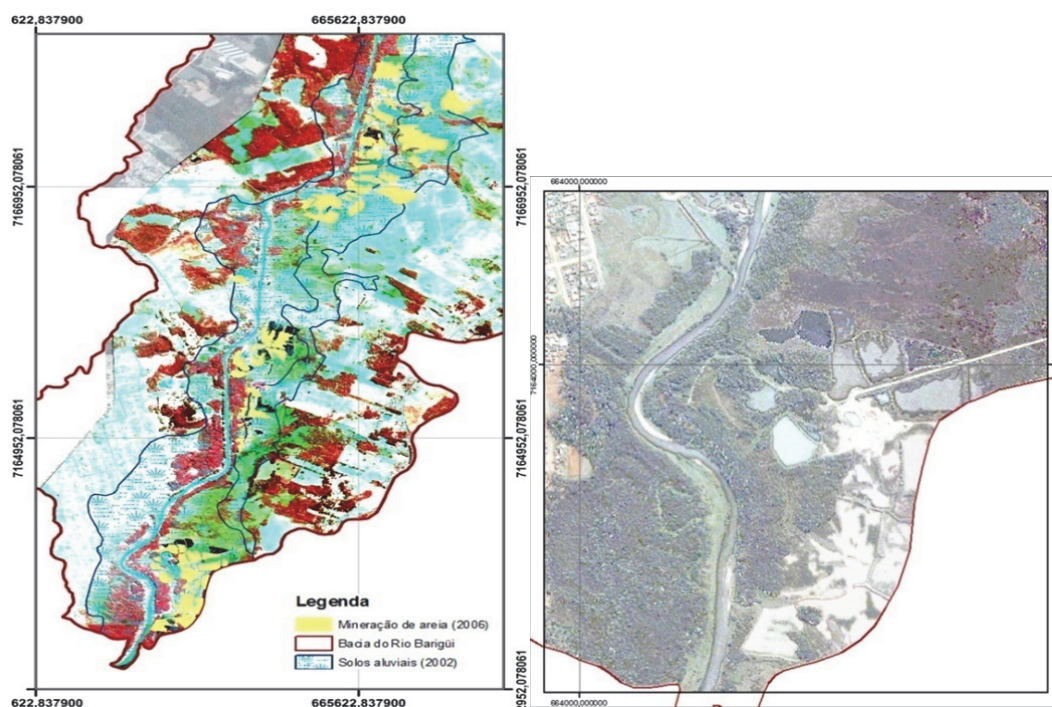


Figura 35 No mapa da esquerda apresenta-se em detalhe as áreas de extração de areia na desembocadura do rio Barigui. A atividade é desenvolvida intensamente nas áreas de solos hidromórficos. Na imagem da direita pode-se ver a intensa ocupação das cavas.

A extração de calcário e minérios correlatos é significativa na região do *Karst*, sendo importante atividade econômica no município de Almirante Tamandaré, que é responsável por grande parte da produção do Estado. Este tipo de extrativismo mineral utiliza tecnologias rudimentares, com uso intensivo de explosivos, o que acarreta grande destruição na estrutura alveolar do aquífero, incluindo parte das numerosas cavernas da região, aumentando a instabilidade do terreno, provocando rachaduras e solapamentos, tanto na área dos empreendimentos como no seu entorno.

O extrativismo de calcário encontra-se na maioria dos casos, perto de cursos d'água e em áreas com maior declividade, de forma a facilitar a extração nas encostas dos morros. Essas áreas por serem totalmente expostas produzem a contaminação do ar, da vegetação ao redor da 'mina', dos caminhos pelos quais é transportado o mineral e dos cursos d'água.

Poços para extração de água subterrânea:

Os poços tubulares da SANEPAR para extração de água subterrânea estão sempre localizados perto de cursos d'água, em áreas rebaixadas, com maior risco geotécnico e que, ao longo dos últimos anos têm-se mostrado altamente impactantes no secamento de fontes, córregos, geração de recalques em superfície, aparição de rachaduras, *sink holes*, dentre outros efeitos nocivos (Figura 34).

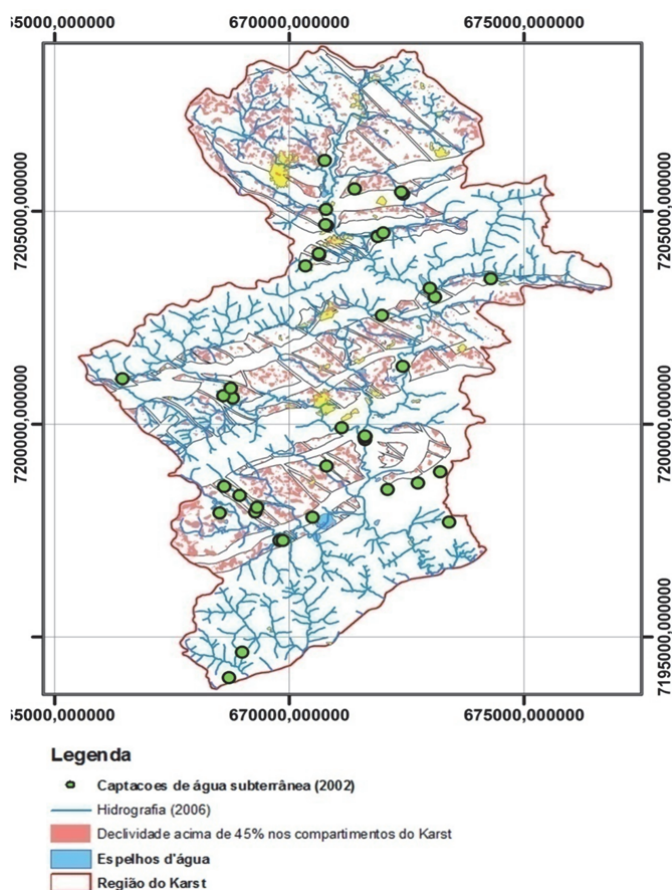


Figura 36 Região do Karst mostrando os empreendimentos extrativistas de calcário (amarelo) e os poços de bombeamento de água subterrânea (verde) da SANEPAR (2002), com os compartimentos do aquífero e as declividades acima de 45% como pano de fundo.

6.1.6 Cobertura vegetal original da bacia

Aos efeitos da análise comparativa do processo de ocupação e dos diferentes cenários possíveis para a recuperação dos ecossistemas e disciplinamento das atividades antrópicas na região, visando uma integração mutualística da presença humana na bacia do rio Bari-

gui, foi elaborado um mapa estimativo da cobertura vegetal original da bacia do rio Barigui (Figura 35).

Para tanto, foram considerados os dados de relevo e declividades, geologia e solos, assim como a distribuição e caracterização da vegetação nativa remanescente e o traçado dos rios no momento do mapeamento realizado por Klein & Hatschbach em 1952.

Como já apresentado, a distribuição de feições de relevo, geologia e solos segue um padrão espacial bem definido, condicionado pela presença do aquífero *Karst* nas nascentes do rio Barigui e pelas amplas áreas de planície de inundação na região central e sul da bacia.

Na região norte, as feições de relevo e declividade obedecem de forma expressiva a arquitetura do aquífero *Karst*, sendo que as áreas de ocorrência dos compartimentos definem áreas rebaixadas, dominadas por uma associação de Latossolos vermelhos distróficos com Cambissolos háplicos distróficos álicos, relevo suave ondulado, infere a presença dominante de vegetação de Estepe (Figura 36).

Por sua vez, as áreas com relevo mais alto e declividades acentuadas, os solos são principalmente Cambissolos háplicos distróficos associados como Neossolos litólicos distróficos, em áreas com relevo escarpado, Cambissolos Húmicos alumínicos álicos, Argissolos Vermelho-amarelos eutróficos e Latossolos vermelhos distróficos, com relevo ondulado, inferem a presença da Floresta Ombrófila Mista Montana na sua maior parte (Figura 37).

Na área inferior da região *kárstica*, em grande parte fora dos compartimentos do aquífero, os solos dominantes são Cambissolos Húmicos alumínicos, com relevo forte-ondulado e escarpado, inferindo sua cobertura com Floresta Ombrófila Mista Montana.

Na parte central da bacia, hoje dominada pela ocupação urbana de Curitiba, os solos dominantes são Cambissolos háplicos distróficos na margem direita e Argissolos Vermelho-amarelos distróficos típico associados a Argissolos Vermelho-amarelos distróficos latossólicos, com relevo forte-ondulado, e Latossolos vermelhos distróficos nas áreas externas, com relevo suave-ondulado, todos eles inferindo uma cobertura original por Floresta

Ombrófila Mista Montana.

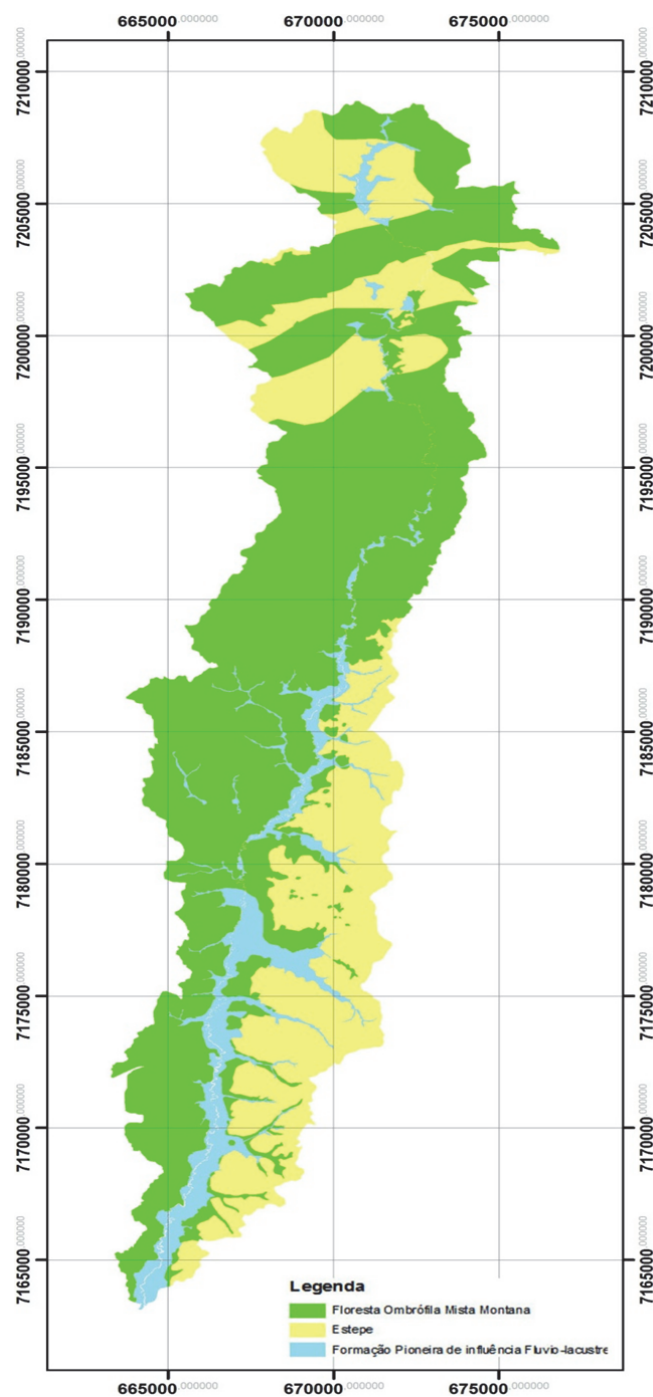


Figura 37 Cobertura da vegetação original da bacia do rio Barigui **estimada** a partir de dados de relevo e declividades, geologia, solos e da distribuição e caracterização dos remanescentes de vegetação nativa mapeados por Klein em 1952.

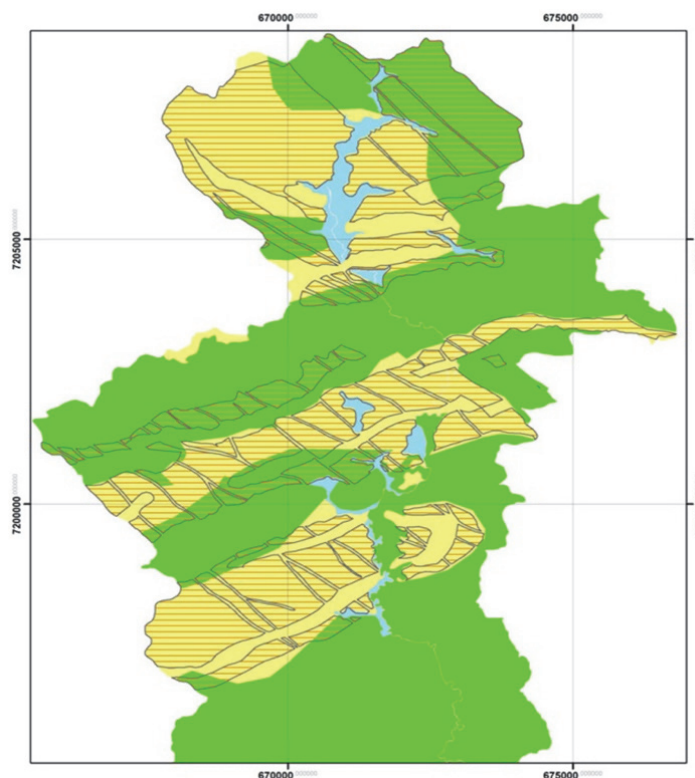


Figura 38 Correlação entre a localização da vegetação original e solos frágeis ou de baixa fertilidade para a região superior da bacia, correlacionados à vegetação de Estepe (amarelo), onde o relevo mais plano e a disponibilidade de água facilitaram também a presença de florestas (verde). Em azul claro são apresentadas as áreas sob influência fluvio-lacustre.

Em toda a sua extensão, porém com maior predominância no centro e sul da bacia, o rio apresenta amplas áreas inundáveis, onde o traçado da calha apresenta meandros acentuados, dominados por formações de vegetação pioneira de influência fluvio-lacustre, sobre Gleissolos melânicos indiscriminados, de elevada fragilidade.

A continuação dos solos Cambissolos háplicos distróficos, ao sul da bacia, onde o relevo fica suave-plano, os solos passam a ser Cambissolos háplicos distróficos associados como Neossolos litólicos distróficos, inferindo a presença de Estepe dominante, com a presença de capões de floresta em manchas de Latossolos vermelhos distróficos.

Na margem esquerda do rio, na sua porção sul, os solos são Cambissolos Húmicos aluminicos, com relevo suave-plano possibilitam a presença da Floresta Ombrófila Mista Montana.

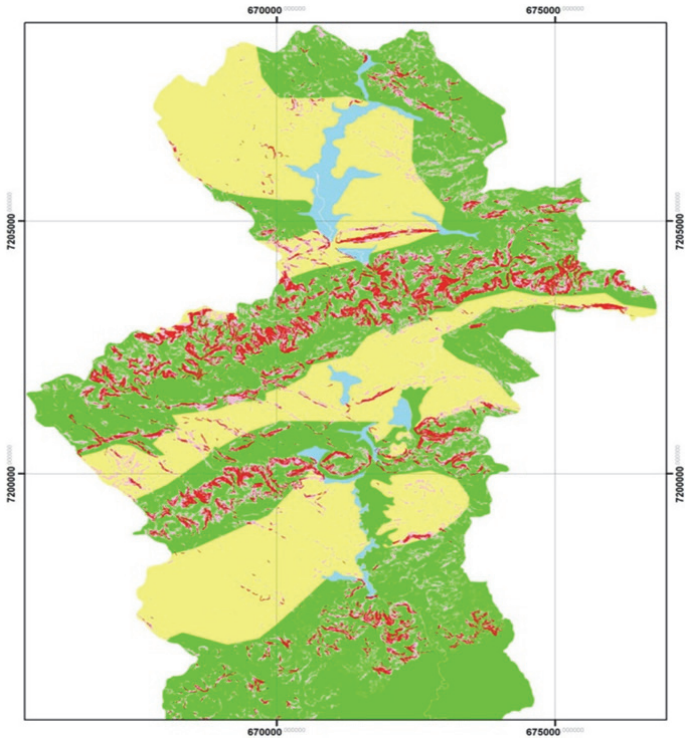


Figura 39 Correlação entre a localização da vegetação original e o aquífero *Karst* e as declividades, onde 30-45% é apresentado em rosa e mais de 45% (vermelho). As áreas de Estepe (amarelo) se correlacionam com as áreas com relevo menos acentuado, sobre os compartimentos do aquífero. As florestas aparecem com maior intensidade nas áreas circundantes ao *Karst* e com terreno mais acentuado. Em azul claro são apresentadas as áreas de Formação Pioneira de Influência Flúvio-lacustre.

Assim, pressupõe-se que a bacia do rio Barigui era coberta por Floresta Ombrófila Mista Montana em mais de 60% da sua extensão, existindo aproximadamente 30% de Estepe, condicionado pelos solos, e 10% de vegetação pioneira de influência flúvio-lacustre, nas áreas de várzea do rio (Tabela 68).

Tabela 66 Vegetação original **estimada** da bacia do rio Barigui.

Vegetação	Área (ha)	%
Floresta Ombrófila Mista Montana	15976,66	60,42
Estepe	8026,96	30,36
Formação Pioneira de Influência Flúvio-lacustre	2437,62	9,22

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento da pesquisa sobre os processos de ocupação antrópica da Bacia do rio Barigui e suas implicações ecológicas permitiu concluir que:

1. O espaço urbano é o primeiro lugar para o qual devem ser encontradas soluções sustentáveis de ocupação, mesmo que já historicamente desordenadamente estabelecida.
2. A situação de degradação dos recursos na bacia do Barigui é fruto de processos de ocupação desordenada do espaço, condicionados por padrões culturais ancestrais de visões antropocêntricas pré-científicas, nas quais o homem é isentado de toda responsabilidade pelas consequências dos seus atos com relação à Natureza.

A não percepção desse comportamento tem-se mostrado altamente nociva quando a densidade populacional e o avanço tecnológico viabilizaram o avanço descontrolado sobre ecossistemas impróprios e frágeis.

Esta situação, recente na história da Humanidade, levou a mostrar que as estruturas de governo e gestão das nossas sociedades não são apropriadas para enfrentar e reverter os efeitos dessa nossa forma ancestral de agir.

3. Ainda que, no decorrer da série histórica analisada foram aprovadas diversas leis ambientais, claras e abrangentes, protegendo os recursos naturais e dando diretrizes para o ordenamento territorial, a ocupação desordenada da bacia do Barigui incluída as atividades antrópicas mais danosas, como o extrativismo de areia e calcário nas APP, ocorreu mais intensamente e descontrolada após a vigência da legislação, o que demonstra, tanto o desconhecimento como o despreparo dos órgãos públicos para implementá-las, aliado à falta de vontade política para a implementação legal daquelas medidas que teriam impacto negativo nas urnas e que, se forem levadas adiante, teriam efeitos benéficos após muitos anos, sendo usufruídas apenas pelas futuras gerações.
4. Por isso, a criação de mais leis com sobreposição de objetivos ou objetivos confli-

tantes, como é o caso das Unidades de Conservação decretadas sobre as áreas de preservação permanente, intensifica ainda mais o desordenamento da ocupação, pois áreas de APP implicam intangibilidade.

5. A insuficiência de ligações na rede de esgoto, ou até a sua falta em áreas urbana, sendo o caso da bacia do rio Barigui, não permite a solução dos problemas ambientais na medida em que continuemos a lançar resíduos sólidos e esgoto nos cursos d'água.
6. A ocupação e urbanização em áreas de APP, o extrativismo de areia e calcário sem o uso de tecnologias ambientalmente apropriadas, que incluam minimização e compensação de impactos, são as principais ações que detratam a bacia.
7. Os instrumentos de ordenamento territorial elaborados na esfera municipal estão embasados em ordenar “o que sobrou” dos recursos, buscando alternativas para a convivência e consequentemente a legalização do *status-quo* de degradação atingido naquele momento.
8. Por isso, é necessário oferecer ferramentas metodológicas objetivas de avaliação e diagnóstico que levem as administrações municipais e, por que não, estaduais, a elaborar e aprovar instrumentos de ordenamento territorial técnica e eticamente isentos.
9. Considerando os resultados gerados pela metodologia desenvolvida nesta tese, integrando a correlação de *layers* temáticos de séries temporais do processo da ocupação do espaço e uso dos recursos com a análise correlacionada do terreno, geologia, solos, hidrografia e vegetação, a mesma mostrou-se eficiente, sendo também econômica, técnica e tecnologicamente acessível.

O uso de geotecnologias livres mostrou-se adequada e suficiente, sendo possível a sua utilização sem grandes dificuldades, ainda para técnicos com conhecimentos básicos de geomática.
10. A metodologia desenvolvida mostra-se exequível e com potencial de replicação nas

mais variadas condições técnicas e institucionais em que se deseje aplicar.

11. Em se tratando de elaboração de cenários para o estabelecimento de estratégias de reconversão de espaços e recuperação da vegetação, a produção de uma carta estimativa da ocupação da vegetação original é de fundamental importância, já que, em se tratando de recuperação de APP, a vegetação é o fator-chave na recuperação dos ecossistemas.

Por outro lado, este subsídio facilita contornar o hábito simplório do plantio de espécies exóticas e de jardinagem, muito frequente no âmbito urbanístico, que é totalmente impróprio para a restauração de ambientes naturais.

12. Assim sendo, a estratégia técnica desenvolvida nesta tese, constituída pela integração de ferramentas metodológicas já conhecidas e utilizadas isoladamente há vários anos, oferece uma alternativa exequível e relativamente barata, adaptável à variadas realidades ambientais.

De forma sintética, a mesma consta das seguintes etapas:

- a) Consolidação de cartografia legada e implementação de banco de dados geográficos com *software* livre, incluindo dados espaciais e que caracterizem o espaço natural e as atividades antrópicas na região, que permita análises objetivas, evitando o uso de relatórios e pareceres técnicos que, além de estáticos no tempo, são muito difíceis de cruzamento de informações e, muitas vezes, apresentam unicamente dados julgados importantes na visão pessoal do técnico.
- b) Identificação e delimitação de áreas e feições ecossistêmicas frágeis, tanto aquelas definidas pelo relevo, como pela presença e as características dos recursos hídricos e suas áreas inundáveis;
- c) Avaliação e diagnóstico do estágio de degradação da região utilizando uma série histórica de *layers* de uso do solo e vegetação;
- d) Correlação do uso do solo com aspectos de fragilidade ambiental de geologia e solos;

- e) Avaliação qualitativa e quantitativamente das diferentes atividades antrópicas, padrões de ocupação do espaço, impactos ambientais e prioridade e potencial para readaptação;
- f) Correlação dos diferentes tipos de uso do solo de forma diferenciada, considerando os diferentes tipos de APP e áreas frágeis, de forma a subsidiar estratégias de recuperação e reordenamento territorial;
- g) Elaboração de mapa estimativo da cobertura vegetal original da região, antes da chegada do homem ocidental, de forma a subsidiar as estratégias de ordenamento territorial e recuperação de APP e áreas frágeis;
- h) Elaboração de estratégias e instrumentos operacionais, implementando ferramentas para a gestão operacional e fiscalização. Logicamente, esta etapa institucional está fora dos objetivos desta tese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A., Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo, Ateliê Editorial. 400 p., 2003.
- AB'SÁBER, A. N. & BIGARELLA, J. J. Superfícies aplainadas do primeiro planalto do Paraná. Boletim paranaense de geografia, Curitiba, n. 4-5, p. 117-125, 1961.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009 / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2009.
- _____; Água, fatos e tendências. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília. 2007.
- _____; GEO Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. / Ministério do Meio Ambiente ; Agência Nacional de Águas ; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.
- AUER, A. M. Laudo Pericial Florestal. AÇÃO CIVIL PÚBLICA No. 2001.70.00.000582 da Vara Ambiental Federal de Curitiba. 2009.
- ALMEIDA, F. F. M., As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. Boletim da Sociedade Brasileira de Geografia, n. 1, p. 23-40, 1955.
- AXELROD, R.; The Evolution of Cooperation. New York: Basic Books. 1984.
- _____; An evolutionary approach to norms. Amer. Pol. Sci. Rev. 80(4): 1095–1111. 1986.
- _____ & DION, D.; The further evolution of cooperation. Science 242:1385–1390. 1988.
- _____ & HAMILTON, W.D.; The evolution of cooperation. Science 211: 1390–1396. 1981.
- BANCO MUNDIAL; Water for Growth and Development: A Framework for Analysis. A Baseline Document for the 4th World Water Forum. Theme 1: Water for Growth and Development. WASHINGTON, USA. 2006.
- _____; Aide-mémoire. Misión de evaluación del Proyecto BO59687433/97. 23 de junio de 1999. Ministério de Economia. Bolivia. 2000.

- BENTON, T. & REDCLIFT, M. (Eds.); *Social Theory and the Global Environment*. Routledge. Londres. 1994;
- BECKER, R. D. Distribuição dos sedimentos cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional. Tese de doutorado, IG-UFRGS, 180 p., 1982.
- BIGARELLA, J. J. & SALAMUNI, R. Caracteres texturais dos sedimentos da bacia de Curitiba. *Boletim de Geologia. UFPR*, n. 7, p. 1-164, 1962.
- BIGARELLA, J.J. A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná. Curitiba, Secretaria de Planejamento do Estado do Paraná, 248p. 1978.
- BIGARELLA, J.J., MOUSINHO, M. R., SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Boletim paranaense de geografia*, Curitiba, 1965.
- BLACKMORE, S.; *The meme machine*, Oxford University Press. 1999.
- _____; The power of memes, *Scientific American* 283 (4):52–61. 2000.
- Blake, L.; *OSGeo Journal Spatial Relationships In GIS - An Introduction*. Open Source Geospatial Foundation. ISSN 1994-1897. Vol. 1, May 2007.
- BRINSON, M. M. & VERHOEVEN, J. Riparian Forests. capítulo 8. p. 265–99. In Hunter, M. L., editor. *Maintaining Biodiversity in Forested Ecosystems*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 1999
- BROWN, K.; *Urban Stream Restoration Practices: An Initial Assessment*. Prepared for The U.S. Environmental Protection Agency Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds and Region V. Ellicott City, MD: Center for Watershed Protection. 2000.
- Burroughs, P.P. & McDonnel, R.A.; *Principles of GIS*. Oxford University Press. 1998.
- BUTTEL, F.H.; *Environmental and Resource Sociology: Theoretical Issues and Opportunities for Synthesis*. *Rural Sociology* 61:56-76. 1996.
- _____; *Classical Theory and Contemporary Environmental Sociology: Some Reflections on the Antecedents and Prospects for Reflexive Modernization Theories in the Study of Environment and Society*. Em *Environment and Global Modernity*. Ed. G. Spaargaren et. al., 17-39. Sage. Londres. 2000.
- CATTON, W.R. & DUNLAP, R.E.; *Environmental Sociology: A New Paradigm*. *The American Sociologist*. 13:41-49. 1978.

- _____; A New Ecological Paradigm for Post-exuberant Sociology. *American Behavioral Sociologist*. 1980. 380p.
- COELHO, M.A e SONCIN, N.B. *Geografia do Brasil*. 1a. ed. Editora Moderna. São Paulo. 1982.
- COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - COMEC. *Plano de zoneamento do uso e ocupação do solo da região do karst da Região Metropolitana de Curitiba*. Paraná. 2002.
- DALY, G.C.; Management objectives for the protection of ecosystem services. *Environmental Science & Policy* 3, 333-339. 2000.
- DANNI-OLIVEIRA, Ines Moresco. Aspectos climaticos de Curitiba-PR : uma contribuicao para o ensino medio. *Ra'E Ga : O Espaco Geografico em Analise*, Curitiba : Ed. da UFPR, v.3, n.3, p.229-253, 1999.
- Davis, M.; *Planet of slums*. Verso, London, UK; New York, New York, USA. 2006.
- DAWKINS, R.; *The selfish gene*, revised edition, Oxford University Press. 1976.
- _____; *The extended phenotype*, Oxford University Press. 1982.
- _____; *The blind watchmaker*, Penguin Books. 1986.
- _____; *Viruses of the mind*. Em: B. Dahlbom, (Ed.) *Dennett and his critics*. pp. 13-27. 1993.
- DENNETT, D. C.; Memes and the exploitation of imagination, *Journal of Aesthetics and Art Criticism* 48:127-35. 1990.
- _____; *Darwin's dangerous idea - evolution and the meanings of life*, Allen Lane, Penguin Press. 1995.
- _____; *The evolution of culture*, Charles Simonyi Lecture at Oxford University, February 17 1999.
- DICKENS, P.; *Society and Nature*. Temple University Press. Philadelphia. 1992.
- _____; *Reconstructing Nature*. Routledge. Londres. 1996.
- DISTIN, K. E.; *The Selfish Meme*. Cambridge University Press. 2005.
- _____ & DISTIN, K. W.; Human design methods. Em: *Proceedings of the Conference on Design in Nature*, Birmingham 1996, Colin Russell (Ed.). 1996.

- DOHERTY A. & MCDONALD, M.; River Basin Management, Hodder & Stoughton, East Kilbride, U.K. 1992.
- DREHER, D.; Watershed Urbanization Impacts on Stream Quality Indicators in Northeastern Illinois in Assessing the Cumulative Impacts of Watershed Development on Aquatic Ecosystems and Water Quality, Proceedings of a National Symposium sponsored by the U.S. Environmental Protection Agency, Chicago, IL, March 19-21, 1996, pp. 129-135. 1996.
- DUNNE, T. & LEOPOLD, L. B.; Water in Environmental Planning, Freeman and Company, San Francisco, CA. 818p.1978.
- DUPRÉ, D.; The Use of Biological, Social and Economic Indicators in Environmental Assessment for the Conservation of Biological Diversity. In: Biological Diversity Assessment and Conservation Strategies in the Tropics. Editor: Wouder Weenig. University of Wageningen. Amsterdam, Holanda. 1998. pp. 87-164.
- DUPRÉ, D., et al; Estudo de Impacto Ambiental da exploração do Aquífero Karst do Município de Colombo-Fervida. DALCON/SANEPAR. 2000.
- _____; Estudo de Impacto Ambiental da exploração do Aquífero Karst nos Municípios de Colombo, Almirante Tamandaré, Campo Magro e Campo Largo. DALCON/SANEPAR. 1996.
- EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília:Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006.306 p.
- _____; Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina. 1984.
- Escobar, F.; Vector Overlay Processes, Sample Theory, The University of Melbourne. 1998.
- FILL, H. D.; SANTOS, I.; FERNANDES, C. V. S.; GOMES, J.; DZIEDZIC, M.; KISHI, R. T. (2002).PEN-04 – Modelagem hidrológica e ambiental de bacias hidrográficas: relatório técnico. Curitiba: CEHPAR.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION (FAO); Training Manual for International Watercourses/River Basins including Law, Negotiation, and Conflict Resolution. R. K. Paisley, University of British Columbia, Vancouver, Canada. 2007.
- _____; FAO's Selected Experiences in River Basin Management. L. Fe'd'Ostiani & G. Muñoz. Ankara, Turquia. 2007.
- _____; AQUASTAT. Roma, Itália. 2003.

- FRANKLIN, J.; Scientific basis for new perspective in forests and streams. Em Watershed Management: Balancing Sustainability and Environmental Change, R. J. Naiman, Ed. Springer Verlag, 1992.
- FRITZSONS, E., HINDIL, E. C., MONTOVANI, L. E., RIZZI, N. E., Consequências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial, Revista Floresta, n.33, v.2, p.201-21,. 2003.
- FROEHNER, S. & FERNANDES, R. M. Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigui na Região Metropolitana de Curitiba, Química Nova, doi: 10.1590/S0100-40422008000800020 , v.31, n.8, São Paulo, 2008.
- Gleick, P. H.; Water resources. Em Encyclopedia of Climate and Weather, Ed.: S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823. 1996.
- GUASCHI *et al.* (2001) dicionário
- HARDIN, G.; The tragedy of the commons. Science 162: 1243–1248. 1968.
- Hoekstra, A. Y. & Chapagain, A. K.; Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resour Manage (2007) 21:35–48. . Springer Science. 2006.
- HUMPHREY, N.; The Mind Made Flesh: Frontiers of Psychology and Evolution. Oxford: Oxford University Press. 2002.
- Hunter, G. J.; Boolean Operations, 451-620 Lecture Notes, The University of Melbourne. 1998.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades 2005. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 abr. 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Pedologia, Manuais Técnicos de Geociências, n. 4. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil - Região Sul. Vol.2. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro. 1990.
- INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA), www.inmet.gov.br. Acesso em: 12 fev. 2008
- IUCN; Vision for Water and Nature. A World Strategy for Conservation and Sustainable

- Management of Water Resources in the 21st Century. IUCN, Gland, Switzerland e Cambridge, UK.2000.
- JONES, J.A.; Global Hydrology: Processes, Resources and Environmental Management, Addison Wesley Longman Limited, Edinburgh Gate, U.K. 1997.
- JONES, W. K.; HOBBS, H. H. III; WICKS, C. M.; CURRIE, R. R.; HOSE, L. D.; KERBO, R. C.; GOODBAR, J. R. TROUT, J. Recommendations and guidelines for managing caves on protected lands. Charles Town: Karst Waters Institute, 2003.
- KLEIN & HATSCHBACH (1952) Planta Fitogeográfica de Curitiba e Almirante Tamandaré
- KLEIN, R. M.; HATSCHBACH, G. Fitosionomia e notas para acompanhar a planta fitogeográfica do Município de Curitiba e arredores – Paraná. Bol. Univ. do Paraná. Geografia Física, Curitiba, n.4, dez., 1962. p.1-29.
- KING, L. A geomorfologia do Brasil Oriental. Revista brasileira de geografia, n. 18, p. 147-263, 1956.
- LISBOA, A. A.; Proposta de metodologia para avaliação hidrogeológica do aquífero cárstico, compartimento de São Miguel. 137 f. Dissertação Mestrado em Geologia – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba: UFPR. 1997.
- _____ & BONACIM, E. A.; Sistema aquífero cárstico: reservatório elevado da Região Metropolitana de Curitiba. Revista SANARE. nº 4. Curitiba, 1995.
- Liu, Ch. D.; Geographic Information Systems II. Lecture notes. GEOG 4050/8056. University of Nebraska, Omaha. Department of Geography. Cartography and Geography Information Systems Laboratory. 2008.
- LOPES, J. A., BIGARELLA, J. J., SALAMUNI, R., FUCK, R. A. MURATORI, A. e DAIRIKI, S. Folha Geológicas de Curitiba (1965) e a Folha Geológica de Araucária com escala 1:50.000, da COMISSÃO DA CARTA GEOLÓGICA DO PARANÁ. 1966.
- LOWRANCE *et al.*, 1995; PINAY & DECAMPS, 1998; EHRENFELD & SCHNEIDER, 1993
- MAACK, R., Geografia física do estado do Paraná, 2 ed., J. Olympio, 168 p., Rio de Janeiro, 1981.

- MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. Arq. Biologia e Tecnologia, v. 2, p. 63-154, 1947.
- MACHADO, P. A. L, Direito ambiental brasileiro. 5 ed., São Paulo: Malheiros, 1995.
- McCLUSKEY, A., McMASTER, B.; Topology Course. Westviw Press. UK. Scotland. 1997.
- MADER, S. S.; Inquiry into Life. McGraw-Hill. 2000.
- MARGALEF, R., Limnologia. Ed. Omega. Barcelona, 1983.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley, New York.
- MINEROPAR, 2002. Lineamentos traçados sobre as interpretações de imagens RADAM digitalizadas 400 dpi georreferenciadas UTM SAD 69 em escala de monitor 1:100.000.
- MOORE, B.; ROGUEN, J.D. & ULLBERG, D.; Nature and the River: A Natural Resources Report of the Chicago and Calumet Waterways. (Chicago Rivers Demonstration Project Report 110 p.). Milwaukee, WI: U.S. Department of the Interior, Natural Park Service, Rivers, Trails, and Conservation Assistance Program. 1998.
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC); Simple Feature specification for SQL, Revision 1.1. Documento 99-049. (<http://www.opengeospatial.org/techno/specs/99-049.pdf>). 1999.
- Padoch, C.; E. Brondizio, S. et. al.; Urban forest and rural cities: multi-sited households, consumption patterns, and forest resources in Amazonia. Ecology and Society 13(2): 2. 2008.
- PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Instituto de Terras Cartografia e Florestas. Atlas do Estado do Paraná. Curitiba, 1990. 73p.
- PARANÁ, 1990. Plano Diretor de Campo Magro.
- POWELL, J.W.; Recalls of the first expedition through the Grand Canyon. 1869. Referred at <http://www.epa.gov/adopt>. 2007.
- RAMSAY, P.; PostGIS Manual. Documentação online. Refrations Research Inc. Canada. 2007.
- RAUEN, M. J.; FASOLO, P. J.; PÖTTER, R. O.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P.;
- HOCHMULLER, D. P.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G. Levantamento

- semidetalhado dos solos. In: HENKLAIN, J.(coord.) Potencial de uso agrícola das áreas de várzea do Estado do Paraná; Bacias Hidrográficas dos Rios das Cinzas e Laranjinha, Iapó, Iguaçu, Piquiri, Pirapó, Tibagi e Litoral. Londrina: IAPAR, 1994. v2. (IAPAR, Boletim técnico, 24). p5-59.
- RILEY, A.L.; Restoring Streams in Cities: A Guide for Planners, Policy Makers, and Citizens. Washington, DC: Island Press. 1998.
- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria, v.24, p.75-92, jan./jun. 2002.
- RUBICODE; Workshop on habitat and conservation policy – Strategies for an new dynamic approach focused on ecosystem service provision, Workshop Report. 2008.
- SALAMUNI . E., EBERT, H. D., HASUI, Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34(4), p.469-478, 2004.
- SALAMUNI, E. HASUI, Y., COSTA, J. B. S., EBERT, H. D., Sobre a tectônica da bacia sedimentar de Curitiba (PR/BR). In. Congresso Uruguayo de Geologia, 2, Punta Del Este, Actas, n. 1., p. 10-15, 1998.
- SALAMUNI, E., SALAMUNI, R., EBERT, H. D., Contribuição à geologia da bacia sedimentar de Curitiba, *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 47, p. 123-142, 1999.
- SALAMUNI, E.; STELLFELD, M. C. Banco de dados geológicos georreferenciadas *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 49, p. 21-31, 2001. Editora da UFPR
- Samet H.; The Design and Analysis of Spatial Data Structures. Reading, MA: Addison-Wesley. 1990.
- SCHIEL, A.; Anwendung der Aehnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebewegung: Mitteilung Preussischen Versuchanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin, No. 26. W.P. Ott & J.C. van Uchelen. 1936.
- SCHUELER, T.R. Site Planning for Urban Stream Protection. Center for Watershed Protection, Silver Spring, MD. 1995.
- Sikorski, R.; Boolean Algebra, Springer-Verlag, Berlin. 1969.
- SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo river water (Botucatu-SP-Brazil). In: *Water Research*. v.35, n. 6,

pp.1609-1616, 2001.

SIMEPAR, www.simepar.br. Acesso em: 05 fev. 2010.

SUDERHSA (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL, Plano da bacia do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira. Relatório de Diagnóstico. Curitiba. 2007.

SANEPAR (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANA). Relatório de atividades, Curitiba, 2002.

THE ECONOMIST; Sine aqua non. pg. 100. Londres, UK. 8 de Abril, 2009.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO); The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. UK. UNESCO. 2009.

United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT); The challenge of slums: global report on human settlements. UN-HABITAT, New York, New York, USA. 2003.

United Nations Population Fund (UNFPA). State of World Population 2007: unleashing the potential of urban growth. UNFPA, New York, New York, USA. 2007.

United Nations: World Water Assessment Programme (WWAP); WATER SECURITY: A Preliminary Assessment of Policy Progress since Rio. WWAP/WWDR/2001/001. 2001.

Unwin, D.; Introductory Spatial Analysis, Methuen, London. 1981.

VELOSO, H.P. & GÓES-FILHO, L. 1982. Fitogeografia brasileira - classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL, Série Vegetação 1:1-80.

Van der Meulen, S. & Jos Brils, J.; Ecosystem Services (ES) in river basin management – background information and discussion document. European Commission 6th Framework Programme. Risk base Project. Aqua Terra. Holland. 2008.

Walker, B.; Kinzig, A. et. al.; Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems* 2: 95–113. Em: Kremen, C. & Ostfeld, R.S. (Ed). A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. *Front Ecol Environ* 2005; 3(10): 540–548.

WILLIAMS, 1989 karst

WELLS, G. J.; FOGG, j. *et al.*; Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, Environmental Protection Agency Report EPA 841-R-98-900, Washington, D.C. 1998.

WILSON, E. O.; Sociobiology: The New Synthesis. Harvard University Press. Cambridge. 1975.

Worldwatch Institute. State of the World 2007: Our Urban Future. W. W. Norton and Company. 2007.

WWAP - World Water Assessment Programme: Preliminary Report of Policy Progress. UN. 2006.